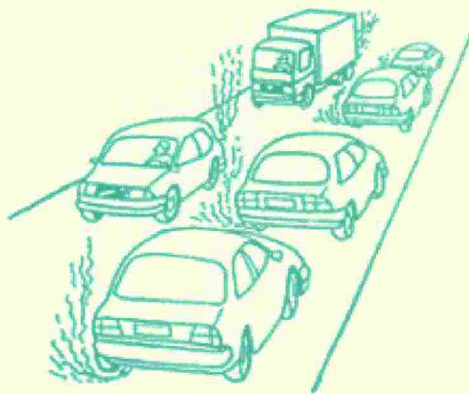
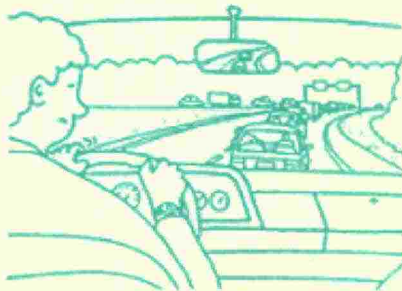
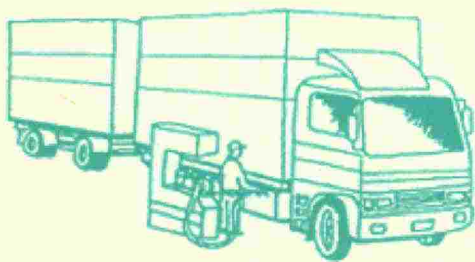


Tieliikenteen ajokustannukset 2000





Tieliikenteen ajokustannukset 2000

Suunnitteluvaiheen ohjaus



TIEHALLINTO

Kirjasto

ISBN 951-726-781-9
TIEH 2123614-01

Edita Oyj
Helsinki 2001

Julkaisua myy:
Tiehallinto, julkaisumyynti
telefaksi 0204 22 2652
e-mail julkaisumyynti@tiehallinto.fi



TIEHALLINTO
Tie- ja liikennetekniikka
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelinvaihde 0204 22 150

19.6.2001

Suunnittelun ohjaus
442/2001/20/3

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA
Tiel 117.2 §

KORVAA/MUUTTA
TIEL 2123614-95

KOHDISTUVUUS
Tiehallinto

VOIMASSA
1.6.2001 - toistaiseksi

ASIASANAT

Ajokustannukset, ajoneuvokustannukset, aikakustannukset, onnettomuuskustannukset, ympäristökustannukset

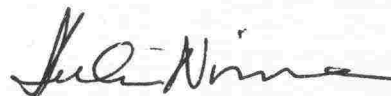
Tieliikenteen ajokustannukset 2000 (TIEH 2123614-01)

Tieliikenteen ajokustannukset 2000 -julkaisu on laadittu ensisijaisesti Tiehallinnon sisäiseen käyttöön. Julkaisu sisältää ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot ja kustannusten laskentamenetelmät lähinnä hanketarkasteluja varten. Lisäksi käsitellään lyhyesti melun ja pako-
kaasujen haittojen hinnoittelua. Tarkastelunäkökulma on yhteiskuntataloudellinen (ei yksityistaloudellinen).

Liikenne- ja viestintäministeriö on hyväksynyt tässä julkaisussa esitetyt ajokustannusten laskentaperusteet (LVM:n kirje 148/12/2001/23.2.2001). Eri kustannuskomponenttien arvot perustuvat uusiin vuosina 1998-99 valmistuneisiin selvityksiin. Selvityksien lukuihin on paikoin tehty vielä kustannustason muutoksia vastaavia korjauksia.

Tiehankkeiden ajokustannuslaskelmat ovat usein rajoittuneet vain tien pääsuunnan tarkasteluun. Liikennetaloudellisten laskelmien tekeminen kattavasti vaatii kuitenkin tieverkollisen tarkastelun, jossa voidaan ottaa huomioon muutokset myös rinnakkaisilla ja poikittaisilla yhteyksillä sekä liittymissä. Tässä julkaisussa esitettyä yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan soveltaa toistaiseksi tavanomaisissa tapauksissa.

Johtaja



Aulis Nironen

Apulaisjohtaja
Tie- ja liikennetekniikka



Pauli Velhonoja

LISÄTIETOJA

Anton Goebel
Tiehallinto, tie- ja liikennetekniikka
Puh. 0204 22 2615

JAKELU/MYYNTI

Tiehallinto, julkaisumyynti
Telefaksi 0204 22 2652

TIEDOKSI

Hos, Hek, Hti, Hlp, Hte
Tiehallinnon kirjasto
Liikenne- ja viestintäministeriö
Ympäristöministeriö/KR-osasto
Liikenneturvan kirjasto
Tiekonsultit

LUKIJALLE

Autoliikenteen ajokustannuksiin sisällytetään ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannukset sekä melun ja pakokaasujen haittojen kustannukset. Laskelmien yhteiskuntataloudellinen tarkastelunäkökulma tarkoittaa mm. sitä, että ajoneuvokustannuksista tieliikenteen erityisverot jätetään pois, liikenteessä käytetty henkilöaika arvotetaan ajoneuvolajeittain ja onnettomuuskustannuksiin sisällytetään taloudellisten kustannusten lisäksi hyvinvoinnin menetys.

Ajoneuvokustannukset jakaantuvat kolmeen osaan: ajosuoritteeseen ja ajo-aikaan kohdistuviin osiin sekä polttoaineenkulutuksen mukana muuttuvaan osaan. Kustannusten laskentamenetelmä perustuu liikennevirran keskimääräisen matkanopeuden määrittämiseen kullekin tielle ja liikennetilanteelle, sillä ajoneuvokustannukset muuttuvat auton nopeuden ja nopeusvaihteluiden mukana. Laskentamenetelmän perusteita on käsitelty liitteen esimerkkilaskelmassa.

Liikenteessä käytetyn ajan tuntihinta henkilöautoa kohti vaihtelee matkustajamäärän lisäksi myös matkan tarkoituksen mukaan (3 matkaryhmää). Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on kunkin autolajin ajohenkilöstön palkkataso. Linja-automatkustajien aikakustannukset sisällytetään laskelmiin.

Onnettomuuskustannukset lasketaan onnettomuusmäärien perusteella. Esimerkiksi hankesuunnittelussa voidaan onnettomuusmääriä arvioida onnettomuusasteiden ja liikennemäärien avulla yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista ja samantapaisten tieolojen keskimääräisistä onnettomuusmääristä. Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaikutus onnettomuusmääriin on arvioitavissa eri toimenpidetyypeille määritettyjen vaikutuskertoimien avulla.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melulle alttiina olevien henkilömäärien perusteella ja pakokaasujen haittojen kustannukset pakokaasupäästöjen määrien (4 päästölajia) avulla. Ympäristöhaittojen kustannusten laskentaa tarvitaan tieverkon kehittämishankkeiden esisuunnitteluvaiheissa sekä tienpidon ohjelmien vaikutuksia arvioitaessa.

Ajokustannusten yksikköarvojen perustana olevien komponenttien hintakehitystä seurataan sekä määrittäisperusteet tarkistetaan viiden vuoden välein. Tästä julkaisusta kuten myös ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten sekä melu- ja pakokaasupäästöjen haittojen yksikköarvojen määrittämisestä vastaa Tiehallinnon tie- ja liikennetekniikkayksikkö.

Helsinki, kesäkuu 2001

Tiehallinto
Tie- ja liikennetekniikka

Sisältö

1	AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT	7
1.1	Ajoneuvokustannukset (Ank)	7
1.2	Aikakustannukset (Aik)	8
1.3	Onnettomuuskustannukset (Onk)	9
1.4	Ympäristökustannukset (Ymk)	10
2	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET	11
2.1	Autolajien ominaisuudet	11
2.2	Ajoneuvokustannusten osat	12
2.3	Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin	14
2.4	Aikakustannukset	15
2.5	Onnettomuuskustannukset	17
2.6	Ympäristökustannukset	19
3	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ	21
3.1	Tarvittavat lähtötiedot	21
3.2	Tuntiliikenteiden määrittäminen	23
3.3	Matkanopeuksien määrittäminen	24
3.4	Ajoneuvokustannusten laskeminen	26
3.5	Aikakustannusten laskeminen	29
3.6	Onnettomuusmäärien selvittäminen	29
3.7	Onnettomuuskustannusten laskeminen	34
3.8	Ympäristökustannusten laskeminen	35
3.9	Tiehankkeen kustannukset	37
3.10	Taloudellisuustarkastelut	38
4	LIITTEET	41

1 AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT

1.1 Ajoneuvokustannukset (Ank)

Ajoneuvokustannukset on määritetty selvityksessä "Ajoneuvokustannukset" (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 37/1999). Vain polttoaineiden hintoihin on tehty raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan noususta aiheutuneet korjaukset. Taulukossa 1.1 esitetyt ajoneuvokustannukset on jaettu yhteiskuntataloudellisiin ja kokonaiskustannuksiin. Näistä ensimmäisiä sovelletaan tavallisesti yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa, koska polttoaineiden ja ajoneuvojen hintoihin sisältyvät erityisverot ovat tulonsiirtoja yhteiskunnan eri sektoreiden välillä. Kokonaiskustannukset onkin esitetty lähinnä vertailun vuoksi.

Taulukko 1.1. Ajoneuvokustannusten perusarvot 2000.

Yhteiskuntataloudellinen kustannus			Kokonaiskustannus (sis. ALV)		
Autolaji	Ajoneuvokustannus (Ank) p/km		Erityisverot p/km	Muut kustannukset p/km	Yhteensä (Ank+lisät) p/km
	Sis. ALV	Veroton			
Henkilöauto	71	52	47	24,0	142
Pakettiauto	137	105	39	-	176
Kevyt auto	78	57	47	22	147
Linja-auto	394	312	55	-	449
Kuorma-auto	433	341	84	-	517
Raskas auto	426	336	78	-	504

Taulukon 1.1 yhteiskuntataloudelliset ajoneuvokustannukset eivät sellaisinaan sovellu hankkeiden taloudellisten tunnuslukujen laskemiseen (perusarvot kuvaavat keskimääräistä kustannustasoa). Tiehankkeiden taloudelliset tarkastelut tulee tehdä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla, joiden määrittämisperusteet on esitetty luvussa 2 ja laskentamenetelmät luvussa 3. Kevyen ja raskaan auton (tyyppiautot) muodostumista eri autolajeista on tarkasteltu luvussa 2.1. Kustannuksia voidaan tarkastella joko arvonlisäveron sisältävinä tai ilman niitä. Tarkastelutapa riippuu siitä, miten vertailtavat investointikustannukset on määritetty.

1.2 Aikakustannukset (Aik)

Ajokustannuslaskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu henkilö-autoilla teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tehdyn työajan bruttotuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen. Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on ajohenkilöstön keskimääräinen bruttotuntipalkka lisättynä vastaavilla työnantajakuluilla. Linja-auton matkustajien ajan arvot noudattavat vastaavia henkilöautomatkojen arvoja.

Taulukko 1.2. Aikakustannusten perusarvot 2000.

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti, henkilö	mk/tunti, auto
Henkilöauto	Työajan matka (11 %)	1,5	143,20	215,90
	Työ- tai asiointimatka (37 %)	1,6	24,20	38,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (52 %)	2,0	24,20	48,30
	Keskimäärin	1,8	35,10	63,10
Pakettiauto	Työajan matka (35 %)	1,5	119,40	179,10
	Työ- tai asiointimatka (30 %)	1,6	24,20	38,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (35 %)	1,9	24,20	45,90
	Keskimäärin	1,7	53,10	90,30
Kevyt auto	Työajan matka (14 %)	1,5	140,90	211,30
	Työ- tai asiointimatka (36 %)	1,6	24,20	38,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (50 %)	2,0	24,20	48,30
	Keskimäärin	1,8	36,80	65,80
Linja-auto		1+11	38,70	462,80
Kuorma-auto		1,1	102,90	113,20
Raskas auto				158,70

Ajokustannuksia laskettaessa aikakustannukset (p/km) saadaan jakamalla autokohtainen ajan arvo matkanopeudella. Laskelmat tehdään - mikäli mahdollista - matkaryhmittäin (matkan tarkoitus) ja kevyille sekä raskaille autoille erikseen. Jos matkojen tarkoituskajakauma ei ole tiedossa, joudutaan käyttämään keskiarvolukuja.

1.3 Onnettomuuskustannukset (Onk)

Onnettomuuksien hintoihin sisältyy suorien taloudellisten menetysten lisäksi tuotantopanoksen menetys nettoperiaatteella laskettuna sekä hyvinvoinnin menetystä kuvaava kustannus, joka on määritetty ns. yksilöllisen maksuhalukkuuden pohjalta (arvioitu kullekin henkilövahinkotyypille erikseen).

Taulukossa 1.3 on esitetty onnettomuuskustannusten perusarvot yleisillä teillä. Kustannuksia on korjattu ns. edustavuuskertoimilla, jolloin on otettu huomioon Tiehallinnon onnettomuustilaston peittävyys.

Taulukko 1.3. Onnettomuuskustannusten perusarvot 2000.

Onnettomuuden seuraus/onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)
Kuolema	11 500 000
Pysyvä vamma	6 450 000
Tilapäinen vamma	900 000
– Vakava	1 550 000
– Lievä	300 000
Vammautunut keskimäärin	1 475 000
Kuolemaan johtanut onnettomuus	14 450 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	1 875 000
Henkilövahinko-onnettomuus	2 300 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	100 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	500 000

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinko-onnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät, joista voidaan määrittää vuotuiset onnettomuuskustannukset.

1.4 Ympäristökustannukset (Ymk)

Ympäristökustannuksina arvioidaan melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset. Muita ympäristövaikutuksia ei hinnoitella vaan ne arvioidaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn yhteydessä.

Taulukko 1.4. Tieliikenteen melun häiriönä kokevien asukkaiden osuudet ja meluhaitan yksikköhinnat 2000.

Melutaso (dB(A))	Häiriötä kokevien osuus asukkaista %	Mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
55 – 65	33	5 700
65 – 70	50	5 700
70 –	100	5 700

Ympäristökustannuksia laskettaessa arvioidaan tiehankkeissa sekä nykyisten että suunniteltujen teiden melualueet ja niillä asuvat asukkaat.

Taulukko 1.5. Tieliikenteen polttoaineen käytön ympäristökustannusten yksikköhinnat vuoden 2000 hinnoilla ja autokannalla.

Ajoneuvotyyppi	Taajamat p/km	Muualla p/km	Keskim. p/km
Henkilöauto	12	4	8
Pakettiauto	22	7	16
Kevyt auto	13	5	9
Linja-auto	127	20	84
Kuorma-auto	115	21	59
Raskas auto	117	21	63

Ympäristökustannuksia laskettaessa arvioidaan tiehankkeissa liikenteestä aiheutuvat päästömäärät sekä nykyisiltä että suunnitelluilta teiltä. Tarkasteluissa otetaan huomioon katalysaattoreiden yleistymisestä ja ajoneuvojen kehittämisestä johtuva päästömäärien aleneminen eri vuosina. Näiden päästömäärien avulla voidaan päästöjen kustannukset arvioida taulukon 1.5 keskimääräisiä lukuja tarkemmin.

Keskimääräisissäkin tarkasteluissa otetaan aina huomioon päästömäärissä eri vuosina tapahtuvat muutokset niitä koskevien kertoimien avulla.

2 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

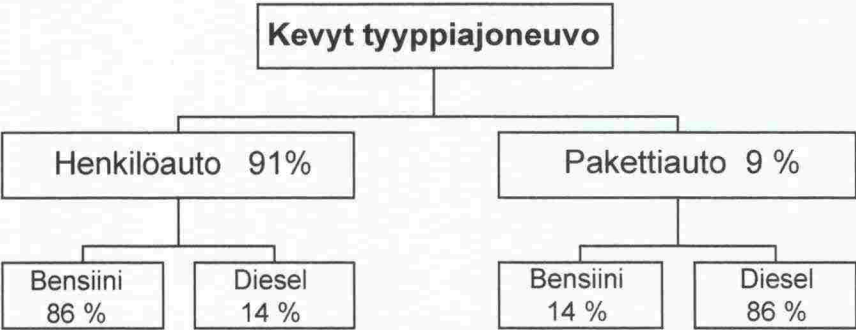
2.1 Autolajien ominaisuudet

Ajoneuvokustannusten perusarvojen laskennassa on käytetty hyväksi taulukossa 2.1 esitettyjä autolajien ominaisuuksia. Polttoaineen kulutustiedot ja ajosuoritteet ovat kustannuskyselyistä johdettuja keskimääräisiä lukuja. Ajoneuvojen hinnat perustuvat eri järjestöiltä sekä suoraan automyyjiltä saatuihin keskimääräisiin hintoihin. Pääomakustannusten määrittämisessä käytetyt luvut perustuvat Ajokustannukset 95 -julkaisun arvoihin, vain laskentakorko on muuttunut markkinakorkojen laskun takia. Dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuus autokannasta on arvioitu otantatutkimuksella.

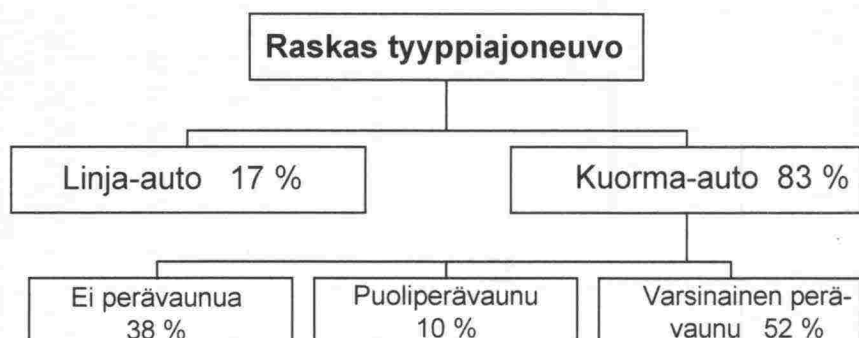
Taulukko 2.1. Eri autolajien perusominaisuudet.

Ominaisuus	Ha	Pa	La	Kaip	Kapp	Katp
Polttoaineen kulutus (l/100 km)	8,0	10,2	30,5	28,7	38,9	47,0
Ajosuorite (km/a)	17 600	21 500	76 700	39 700	100 000	100 000
Hinta (mk, ALV sis.)	114 000	123 000	1 300 000	530 000	1 000 000	1 300 000
Autoverollinen hinta(mk)	139 000	150 000	1 300 000	530 000	1 000 000	1 300 000
Poistoaika (a)	13	10	13	10	10	10
Arvonalenema (%/a)	15	20	15	20	20	20
Korkokanta (%/a)	6	6	6	6	6	6
Dieselkäyttöisiä (%)	8	77	100	100	100	100

Kuvissa 2.1 ja 2.2 on esitetty kevyen ja raskaan tyyppiajoneuvon muodostuminen. Tyyppiajoneuvojen määrittämisessä on käytetty koko maan liikennesuoritearvoja. Dieselajoneuvojen osuus on kuvassa 2.1 laskettu suoritteiden perusteella eikä lukumäärän perusteella kuten taulukossa 2.1.



Kuva 2.1. Kevyen tyyppiajoneuvon muodostuminen ja ajosuoritteiden painot.



Kuva 2.2. Raskaan tyypiajoneuvon muodostuminen ja ajosuoritteiden painot.

2.2 Ajoneuvokustannusten osat

Ajoneuvokustannukset muodostuvat seitsemästä osasta (ks. taulukko 2.2). Polttoaineiden hintojen nousun takia Ajoneuvokustannus –selvityksessä (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 37/1999) esitettyjä polttoaineiden hintoja on tarkistettu ylöspäin. Bensiinin keskimääräisenä kuluttajahintana on käytetty 6,00 mk/l ja dieselöljyn 4,40 mk/l sekä kuljetusyritysten dieselöljystä maksumana hintana 3,80 mk/l. Raakaöljyn hintakehityksen odotetaan olevan lähivuosina melko vakaa ja maltillinen. Tosin moottoripolttonesteiden hintojen suora riippuvuus öljyn hintamuutoksista näyttää heikentyneen.

Korjaus-, huolto-, voitelu- sekä rengas- ja ylläpitokustannukset perustuvat pääosin kyselytutkimuksiin. Ylläpitokustannukset käsittävät kaikki sellaiset kustannukset, jotka eivät kuulu muihin taulukossa 2.2 esitettyihin kustannusluokkiin. Hallintokustannuksiin on laskettu ne kuljetusyritysten kustannukset, jotka eivät kohdistu ajoneuvoihin.

Yksityiskäytössä oleville henkilöautoille ei ole laskettu ylläpito- ja hallintokustannuksia. Pääoman poistoista ja korosta on laskelmiin otettu mukaan vain puolet, joka on katsottu ajosuoritteen vaikutukseksi yksityisen henkilöauton arvon alenemaan. Muilla ajoneuvotyypeillä ylläpito- hallinto- ja pääomakustannukset on kohdistettu kokonaisuudessaan suoritteelle, koska liikennesuoritteiden mahdollisten muutosten on katsottu aiheuttavan ajoneuvojen lukumäärien muutoksia. Vakuutusmaksut eivät sisälly ajoneuvo- vaan onnettomuuskustannuksiin.

Kustannukset on jaettu ajosuoritteesta, ajoajasta ja polttoaineenkulutuksesta riippuviin osiin. Polttoaine-, korjaus-, huolto-, voitelu- ja rengaskustannusten oletetaan muuttuvan polttoaineenkulutuksen mukana. Ylläpito-, hallinto- ja pääomakustannukset on jaettu ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin.

Eri autolajien keskimääräiset laskennalliset **kilometrikustannukset** on esitetty taulukossa 2.2 ja 2.3. Vertailun vuoksi on myös esitetty liikenteen erityisverojen vaikutukset kevyiden ja raskaiden autojen ajoneuvokustannuksiin. Tavallisesti näitä eriä ei oteta huomioon yhteiskuntataloudellisissa laskelmissa.

Taulukko 2.2. Kevyiden autolajien ajoneuvokustannusten perusarvot 2000.

Osakustannukset	Henkilöauto (p/km)		Pakettiauto (p/km)		Kevyt auto (p/km)	
	Sis. ALV	Veroton	Sis. ALV	Veroton	Sis. ALV	Veroton
Polttoaine	21	13	27	18	22	13
Korjaus, huolto, voitelu	13	11	15	13	13	11
Renkaat	4	4	6	5	5	4
Ylläpito	1	1	10	8	2	2
Hallinto	2	1	8	6	2	2
Pääoman poistot	20	15	52	40	23	17
Pääoman korko (6 %)	10	7	19	15	11	8
Yhteensä (Ank)	71	52	137	105	78	57

	Veroista ja pääomakustannuksista aiheutuvat kustannuslisät		
	Henkilöauto p/km	Pakettiauto p/km	Kevyt auto p/km
Polttoainevero	25	21	25
Moottoriajoneuvovero	5	6	5
Autovero	17	12	17
Osa pääomakustannuksista	24	-	22
Kokonaiskustannus (sis.ALV)	142	176	147

Taulukko 2.3. Raskaiden autolajien ajoneuvokustannusten perusarvot 2000.

Osakustannukset	Kuorma-auto (p/km)		Linja-auto (p/km)		Raskas auto (p/km)	
	Sis. ALV	Veroton	Sis. ALV	Veroton	Sis. ALV	Veroton
Polttoaine	78	51	61	40	75	49
Korjaus, huolto, voitelu	83	68	66	54	80	65
Renkaat	30	25	8	6	27	22
Ylläpito	20	16	18	15	19	16
Hallinto	64	52	69	56	65	53
Pääoman poistot	115	94	115	94	115	94
Pääoman korko (6 %)	43	35	57	47	45	37
Yhteensä (Ank)	433	341	394	312	426	336

	Veroista ja pääomakustannuksista aiheutuvat kustannuslisät		
	Kuorma-auto p/km	Linja-auto p/km	Raskas auto p/km
Polttoainevero	71	55	68
Moottoriajoneuvovero	13	-	10
Kokonaiskustannus (sis.ALV)	142	176	147

Kevyiden autojen polttoaineenkulutuksen suhteessa muuttuvat arvonlisäverolliset kustannukset ovat **40 p/km** ja raskaiden autojen **182 p/km**. Keskimääräinen polttoaineenkulutus on tällöin 8,2 l/100 km ja 37,8 l/100 km. Muut kustannukset ovat vastaavasti **38 p/km** ja **244 p/km** ja ne jaetaan ajosuoritteesta sekä ajoajasta määräytyviin osiin (jako 50/50 % vertailunopeuksilla 80 ja 70 km/h).

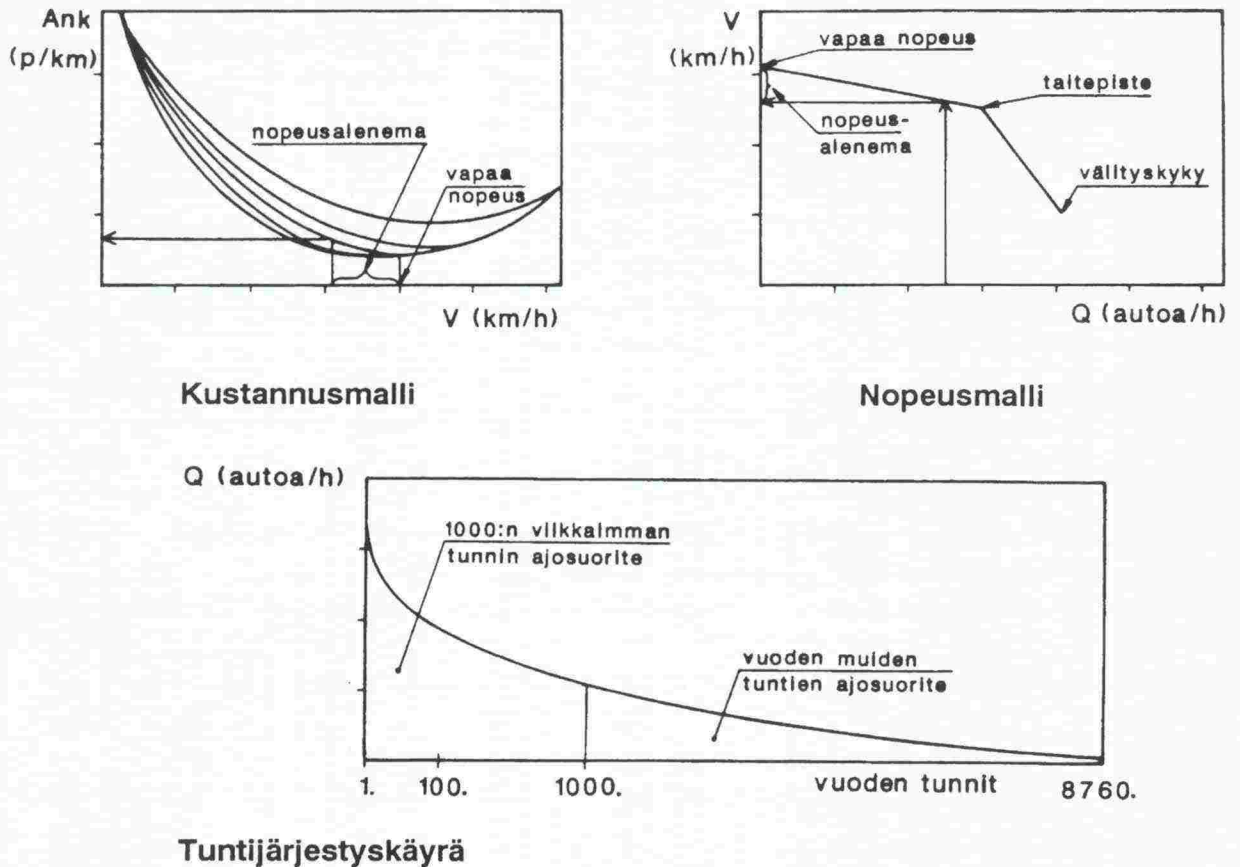
2.3 Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin

Ajokustannukset riippuvat matkanopeudesta, johon taas vaikuttaa mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne. Kustannusmalleissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tätä kustannustasoa korjataan, kun **tie- ja liikenneolot aiheuttavat keskinopeuden aleneman**. Kustannusten määräytymisperiaate on esitetty kuvassa 2.2.

Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien laskemiseksi kehitetyissä nopeusmalleissa on otettu huomioon tien geometrian ja liikenteen määrän vaikutus autojen keskimääräiseen matkanopeuteen. Matkanopeuksiin perustuvien kustannusmallien avulla voidaan määrittää ajoneuvokustannukset kullekin tielle ja liikennetilanteelle. Keskimääräisiä matkanopeuksia tarvitaan myös liikenteen aikakustannusten laskemiseen.

Ajoneuvokustannusten laskennassa vuoden tunnit voidaan jaotella eri ryhmiin liikennemäärien mukaan. Kullekin tuntiliikenneryhmälle voidaan mallien avulla laskea ajoneuvokustannukset ja liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset saadaan yhdistämällä eri ryhmien tulokset. Alustavissa laskennoissa tarvittava laskentatarkkuus voidaan kuitenkin saavuttaa laskemalla liikenteen keskimatkanopeudet ja **kustannukset vapaissa liikenneoloissa sekä vuoden tuhanneksi vilkkaimpana tuntina**. Tämän luvussa 3 esitetyn laskentamenetelmän avulla voidaan arvioida vuotuisten kustannusten keskimääräistä tasoa.

Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi kustannukset liian pieniksi, sillä se sisältää vain nopeusmallin taitepidettä edeltävän osan. Jos tarkasteltava tie ruuhkautuu, suositellaan tarkemman laskentamenetelmän käyttöä. Liitteessä esitellään laskentamenetelmää, jossa ajosuorite jaetaan tuntiliikenneryhmiin ja näiden ryhmien keskimääräisiä ajokustannuksia painotetaan ryhmien ajosuoriteosuuksilla.



Kuva 2.3. Ajoneuvokustannusten riippuvaisuus liikennetilanteesta.

2.4 Aikakustannukset

Ajan arvo **henkilöautoilla** on laskennallisesti sidottu teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tehdyn työajan bruttotuntipalkkaan (n. 69 mk, 2000). Ajan arvo vaihtelee matkan tarkoituksen mukaan seuraavasti:

- **Työajan matkat:** ajan arvo on 1,2 kertaa¹ bruttotuntipalkan ja vastaavien väliillisten työnantajakulujen summa. Työnantajakulut ovat 73 prosenttia bruttopalkasta.
- **Kodin ja työpaikan väliset sekä ostos- ja asiointimatkat:** ajan arvo on 35 prosenttia keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.
- **Muut vapaa- ja loma-ajan matkat:** ajan arvo on 35 prosenttia keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.

Pakettiautoilla käytetään muuten samoja yksikköarvoja kuin henkilöauto-matkoilla, paitsi että työajan matkojen arvoa ei kerrota lisäkertoimella 1,2. **Kevyen auton** ajan arvot on laskettu kilometrisuoritteilla painottaen (paketti-autojen osuus 10 prosenttia) henkilöauton ja pakettiauton luvuista.

¹ Työajan matkoilla liikkuvien palkka arvioidaan jonkin verran korkeammaksi kuin peruspalkka.

Taulukko 2.4. Kevyiden autolajien aikakustannusten perusarvot 2000.

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti, henkilö	mk/tunti, auto
Henkilöauto	Työajan matka (11 %)	1,5	143,20	215,90
	Työ- tai asiointimatka (37 %)	1,6	24,20	38,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (52 %)	2,0	24,20	48,30
	Keskimäärin	1,8	35,10	63,10
Pakettiauto	Työajan matka (35 %)	1,5	119,40	179,10
	Työ- tai asiointimatka (30 %)	1,6	24,20	38,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (35 %)	1,9	24,20	45,90
	Keskimäärin	1,7	53,10	90,30
Kevyt auto	Työajan matka (14 %)	1,5	140,90	211,30
	Työ- tai asiointimatka (36 %)	1,6	24,20	38,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (50 %)	2,0	24,20	48,30
	Keskimäärin	1,8	36,80	65,80

Linja-autoilla ajan arvo on laskettu kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen sekä matkustajien ajan arvon summana. Matkustajien ajan arvona käytetään samalla tavalla matkan tarkoituksen mukaan vaihtelevia arvoja kuin henkilöautomatkoilla. Työajan matkojen arvoa ei kuitenkaan kerrota lisäkertoimella 1,2. Kuljettajan palkka on 62 mk tunnissa (2000) ja välilliset työnantajakustannukset 66 prosenttia palkasta. Välillisten kustannusten osuuden on oletettu olevan yhtä suuri kuin teollisuuden koko henkilöstön (tuntipalkkaiset työntekijät ja kuukausipalkkaiset toimihenkilöt) keskimääräinen osuus.

Kuorma-autoilla ajan arvo määräytyy ajohenkilöstön keskimääräisen bruttotuntipalkan (62 mk tunnissa, 2000) ja vastaavien välillisten työnantajakustannusten (66 prosenttia) summana. Kuljetettavalle tavaralle ei lasketa ajan arvoa.

Raskaan auton ajan arvo on painotettu keskiarvo linja-auton ja kuorma-auton autoa kohti lasketuista arvoista. Linja-autojen osuudeksi on otettu 13 prosenttia.

Taulukko 2.5. Raskaiden autolajien aikakustannusten perusarvot 2000.

Autolaji	Matkan tarkoitus (suoriteosuus %)	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti, henkilö	mk/tunti, auto
Linja-auto	(13)	1		462,80
	Kuljettaja		102,90	102,90
	<i>Matkustajat:</i>			
	Työajan matka (9)		119,40	
	Työ- tai asiointimatka (39)		24,20	
	Vapaa- tai loma-ajan matka (52)		24,20	
	Keskimäärin	11	32,80	359,90
Kuorma-auto	(87)	1,1	102,90	113,20
Raskas auto				158,70

2.5 Onnettomuuskustannukset

Liikenneonnettomuuksien aiheuttamien kustannusten laskemiseksi käytetyt menetelmät vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Eroja aiheuttaa erityisesti ns. hyvinvoinnin menetysten arvottaminen. Suomessa onnettomuuskustannusten laskennassa on siirrytty yhteiskunnallisen maksuhalukkuuden sijasta yksilölliseen maksuhalukkuuteen. Tämä menetelmä on nykyään käytössä monissa maissa (esim. Ruotsi ja Norja).

Onnettomuuskustannukset lasketaan kahtena osana: onnettomuuden aiheuttamat reaali-taloudelliset menetykset ja ns. hyvinvoinnin menetykset eli riskiarvo. Taloudellisia kustannuksia ovat kustannuserät, jotka aiheutuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannonmenetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista menoista. Nämä kustannukset muodostuvat seuraavasti:

- Onnettomuuden uhrin työn menetys (bruttokansantuote miinus yksityinen kulutus)/työvoima),
- sairaanhoitokulut,
- hallintokulut (vakuutusyhtiöt, poliisi, sairausvakuutus, oikeuslaitos),
- (hautajaiset) ja
- ajoneuvovahingot ja muut aineelliset vahingot.

Tuotannon menetys on laskettu **nettoperiaatteella**. Bruttokansantuotteesta on ensiksi vähennetty yksityinen kulutus ja erotus on tämän jälkeen jaettu työvoiman määrällä. Lisäksi on otettu huomioon henkilön todennäköisyys kuulua työvoimaan ja todennäköisyys kuolla muuhun syyhyn ennen eläkeikää.

Onnettomuudessa kuolleen ja 100-prosenttisesti invalidisoituneen henkilön tuotanto menetetään kokonaan onnettomuushetken ja eläkeiän väliseltä ajalta. Keskimäärin tuotanto menetetään 32 vuoden ajalta. Pitkän aikavälin talouskasvuksi on oletettu 2,4 prosenttia vuodessa ja diskonttokorkona on käytetty 4 prosenttia. Pysyvästi vammautuneiden henkilöiden tuotannonmenetysarvioissa on otettu huomioon myös vammojen vakavuusaste. Tilapäisesti vammautuneiden tuotannonmenetykset on laskettu onnettomuuden aiheuttamien sairaspäivien mukaan.

Hyvinvoinnin menetyksestä käytetään nimitystä **riskiarvo**. Riskiarvot lasketaan yksilöllisen maksuhalukkuuden perusteella. Kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusriskin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset.

Koska Suomessa ei ole tehty tutkimuksia maksuhalukkuudesta onnettomuusriskin pienentämiseksi, onnettomuudessa kuolleen riskiarvo on siirretty Ruotsista (ks. Accident costing using value transfers, VTT publications 396). Ruotsi ja Suomi ovat suunnilleen samalla taloudellisella kehitystasolla ja muutenkin maiden välillä on paljon yhtäläisyyksiä.

Pysyvästi ja tilapäisesti vammautuneiden riskiarvot on skaalattu norjalaisen käytännön mukaan, koska norjalainen liikenneonnettomuuksien vamma-asteikko vastaa paremmin suomalaista vamma-asteikkoa. Riskiarvot on arvioitu henkilövahinkotyypeittäin seuraavasti¹:

- Onnettomuudessa kuolleen riskiarvo on 8 900 000 mk (sama kuin Ruotsissa).
- Pysyvästi vammautuneen riskiarvo on 55 % kuolleen arvosta.
- Tilapäisesti vammautuneen riskiarvo on 17 % (vakavasti vammautunut) ja 3 % (lievästi vammautunut).

Henkilövahinkojen yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 2.6 ja onnettomuuslajittaiset yksikkökustannukset taulukossa 2.7.

Taulukko 2.6. Liikenneonnettomuuden henkilövahinkojen yksikkökustannukset yleisillä teillä 2000.

Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus (mk)		
	Taloudellinen kustannus	Hyvinvoinnin menetys	Yhteensä
Kuollut	2 600 000	8 900 000	11 500 000
Pysyvästi vammautunut	1 550 000	4 900 000	6 450 000
Tilapäisesti vammautunut	35 000	865 000	900 000
– vaikea vamma	50 000	1 500 000	1 550 000
– lievä vamma	25 000	275 000	300 000
Vammautunut keskimäärin	200 000	1 275 000	1 475 000

Liikenneonnettomuuksien yksikkökustannusten laskennassa on otettu huomioon uhrien (kuolleiden ja vammautuneiden määrät erilaisissa onnettomuuksissa. Onnettomuuskohtaisiin yksikkökustannuksiin on lisätty myös ajoneuvovahingot ja hallintokustannukset.

Taulukko 2.7. Erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset yleisillä teillä 2000.

Onnettomuuslaji	Yksikkökustannus (mk)
Kuolemaan johtanut onnettomuus	14 450 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	1 875 000
Henkilövahinko-onnettomuus	2 300 000
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	100 000
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	500 000

¹ Koska Ruotsin arvot ovat vuodelta 1998, niitä on korotettu indeksillä (kuluttajan hintaindeksi) vastaamaan vuoden 2000 arvoja. Samalla lukuja on pyöristetty.

2.6 Ympäristökustannukset

Melun kustannuksiin sisältyvät haitat, jotka aiheutuvat lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä. Haittojen kustannukset lasketaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrän ja melun yksikköhinnan avulla. Melun yksikköhinta on määritelty melun aiheuttaman päivittäisen häiriön keston ja Tiehallinnon käyttämien ajan yksikköarvojen avulla. (Melun yksikköhinta/vuosi on 5 700 mk/melun häiriönä kokeva asukas.)

Meluhaitat väylien läheisyydessä lasketaan päiväajan (klo 7 - 22) ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Melun häiritseväksi kokevien osuus vaihtelee eri melutasoilla. Tiehankkeissa melun aiheuttaman haitan kustannuksia lasketaan aiheutuvan 55 dB:stä lähtien. Melun häiritseväksi kokevien osuudet ja melun yksikköhinnat on esitetty taulukossa 2.8.

Taulukko 2.8. Tieliikenteen melun häiritseväksi kokevien asukkaiden osuus eri melutasoilla ja melun yksikköhinnat 2000.

Melutaso (dB(A))	Häiriötä kokevien osuus asukkaista %	Yksikkökustannus mk/ melun häiriönä kokeva asukas/vuosi
55 – 65	33	5 700
65 – 70	50	5 700
70 –	100	5 700

Polttoaineperäisten päästöjen kustannuksiin sisältyvät haittojen aiheuttamat taloudelliset menetykset. Haittojen yksikköhintoja määritettäessä on tarkasteltu sairauksia, korroosiota, likaantumista, metsän ja pellon tuoton vähenemistä sekä ilmastomuutosta. Polttoaineketjujen alkupään (tuotanto- ja jakeluinfra) sekä ulkomaille kulkeutuvien päästöjen haittoja ei ole otettu mukaan.

Tieliikenteen pakokaasujen aiheuttamat haitat aiheutuvat pääosin typen oksidien, hiilivetyjen, hiukkasten ja hiilidioksidin päästöistä. Taulukossa 2.9 esitetyt yksikköhinnat on määritetty alkujaan vuoden 1997 hintatasossa, mutta ne on korjattu vuoden 2000 hintatasoon kuluttajahintaindeksin avulla. SO₂-päästöjen ja likaantumisen aiheuttamat kustannukset on otettu huomioon hiukkasten (PM_{2,5}) yksikkö hinnassa.

Tarkemmat perusteet hinnoittelumenettelystä on esitetty raportissa 'Suomen tieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset' (TIEL 4000206, Helsinki 1999).

Taulukko 2.9. Tieliikenteen pakokaasupäästöhaittojen kustannukset päästökomponentteittain.

Komponentti	Yksikkö	Taajamat	Haja-asutus-alueet	Keskimäärin
NO _x	mk/t	6 600	2 400	4 200
PM _{2,5}	mk/t	726 000	23 000	380 000
CO	mk/t	170	6	120
Hiilivedyt	mk/t	370	370	370
Kasvihuonekaasut CO ₂ -ekvivalentteina	mk/t	203	203	203

Taulukossa 2.10 on esitetty eri ajoneuvotyyppien keskimääräiset pakokaasupäästöhaitat sekä vuoden 2000 autokannalla että vuodelle 2020 ennustetulla autokannalla. Välivuodet voidaan tarvittaessa interpoloida, ja vuoden 2020 jälkeen ei autokannan kehittyminen vaikuta enää merkittävästi päästömääriin ja kustannuksiin.

Taulukko 2.10. Eri ajoneuvojen pakokaasupäästöhaitat taajamissa ja niiden ulkopuolella vuosien 2000 ja 2020 autokannoilla ja vuoden 2000 hinnoilla, p/km.

Ajoneuvotyyppi	Vuoden 2000 autokanta			Vuoden 2020 arvioitu autokanta		
	Taajamat p/km	Muulla p/km	Keskim. p/km	Taajamat p/km	Muulla p/km	Keskim. p/km
Henkilöauto, ei katalysaattoria	9,7	4,8	7,1	9,7	4,8	7,1
Henkilöauto, katalysaattori	5,9	3,9	4,9	3,6	2,4	3,0
Henkilöauto, diesel	37	4,1	20	23	2,5	12
Pakettiauto, ei katalysaattoria	14	7,0	12	14	7,0	12
Pakettiauto, katalysaattori	8,3	5,7	7,2	5,6	3,9	4,9
Pakettiauto, diesel	23	6,8	17	16	4,6	11
Linja-auto	127	20	84	94	15	62
Kuorma-auto, ei perävaunua	101	18	63	74	13	46
Kuorma-auto, perävaunu	136	27	53	100	20	39

Taulukkoon 1.5 on laskettu taulukon 2.10 arvoista yhdistetyt p/km –luvut polttoainelajin mukaisen ajosuoritteen ja katalysaattoriautojen osuuden mukaan. Vuoden 2000 laskelmissa on käytetty seuraavia jakaumia: henkilöautoista on bensiinikäyttöisiä 86 % ja dieselkäyttöisiä 14 %, pakettiautoista vastaavasti bensiinikäyttöisiä 14 % ja dieselkäyttöisiä 86 %. Katalysaattori on bensiinikäyttöisistä autoista 45 prosentilla henkilöautoista ja 15 prosentilla pakettiautoista. Kuorma-autoista on ilman perävaunua 60 % ja perävaunulla 40 % (ajokilometrisuoritteesta).

Tiehankkeissa päästöjen määrät selvitetään tärkeimpien päästökomponenttien osalta eri vaihtoehdoille. Näin saadut päästömäärät voidaan hinnoitella suoraan taulukon 2.9 hintojen avulla, jolloin vaihtoehtojen välisiä eroja voidaan paremmin arvioida.

3 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Tarvittavat lähtötiedot

Tässä esitetty laskentamenetelmä on kehitetty käsinlaskentaa varten ja menetelmä on sen vuoksi pyritty tekemään verrattain yksinkertaiseksi. Tiehallinnon yleisesti käyttämä IVAR -laskentaohjelmisto perustuu vastaavantyyppiseen laskentamenetelmään. IVAR-ohjelmiston käyttämät laskentamallit ovat kuitenkin useissa kohdin tätä menetelmää tarkempia.

Kustannuslaskenta etenee seuraavasti:

- lasketaan tuntiliikenteet tarkasteluvuosille,
- määritetään nopeusmalleilla liikenteen keskimääräiset matkanopeudet (kevyet ja raskaat autot),
- lasketaan ajoneuvo- ja aikakustannukset,
- määritetään onnettomuusasteet,
- lasketaan onnettomuuskustannukset,
- lasketaan ympäristökustannukset,
- määritetään tiehankkeen kustannukset ja
- suoritetaan taloudellisuustarkastelut.

Lähtötietoina tarvitaan:

Nykyisten ja suunniteltujen linkkien (tieosien) pituus, poikkileikkaus (leveys, kaistojen määrä), tiegeometria (mäkisyys, kaarteisuus) ja nopeusrajoitus. Liittymätiheys voidaan laskea yleisten ja vilkkaiden yksityisteiden avulla.

Linkkien keskivuorokausiliikenteet, raskaiden autojen määrät, liikenteen jakautuminen nykyiselle ja suunnitellulle verkolle, liikenne-ennuste eri tarkasteluvuosille sekä tuntijärjestyskäyriltä kunkin tieosan 1000. vilkkaimman tunnin liikenne eri vuosina.

Laskentamenetelmän kaavoissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

V	(km/h)	matkanopeus vapaissa oloissa
dV	(km/h)	nopeusalenema
v	(km/h)	matkanopeus vallitsevissa oloissa (=V-dV)
V _{raj}	(km/h)	nopeusrajoitus
L	(km)	linkin pituus
N	(kpl)	kaistojen lukumäärä
W	(m)	päällysteen leveys
M	(m/km)	mäkisyys
K	(gon/km)	kaarteisuus
LT	(kpl/km)	liittymätiheys
KVL	(autoa/vrk)	keskivuorokausiliikenne
KVL _{rask}	(autoa/vrk)	raskaiden autojen keskivuorokausiliikenne
p	(%)	raskaiden autojen osuus
Q	(autoa/h)	tuntiliikenne
P	(l/100 km)	polttoaineenkulutus
dP	(l/100 km)	suhteellinen polttoaineenkulutus
A	(p/km)	ajoneuvokustannusten kiinteä osa

B	(p/km)	ajoneuvokustannusten muuttuva osa
v_0	(km/h)	vertailunopeus
OA	(onn./milj.km)	onnettomuusasteen odotusarvo
O	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä
O_{vak}		onnettomuuksien vakavuuskerroin (kuollutta/100 henkilövahinko-onnettomuutta)
O_{kuol}	(henk./vuosi)	kuolleiden määrä

Alaindeksit (esim. V_{kev} , V_{rask}) viittaavat kevyeen ja raskaaseen (tyyppi)autoon.

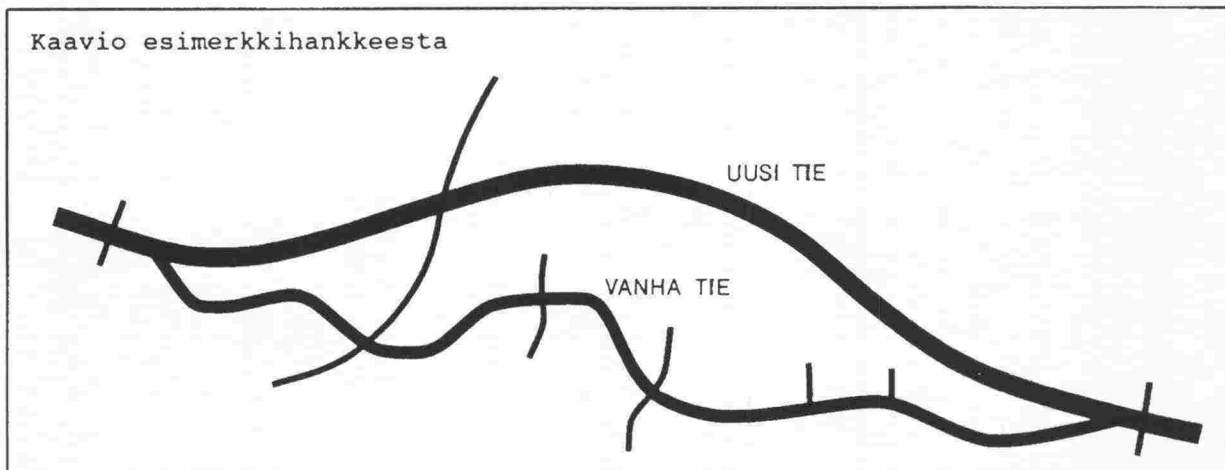
Kehystetyissä esimerkkilaskelmissa ja taulukoissa käsitellään vanhan valtatieyh-
teyden korvaamista moottoriliikennetiellä (mol-tie). 0-vaihtoehto merkitsee nykyistä
tiestä, vaihtoehto 1 sisältää uuden mol-tien ja sen rinnalla vanhan tien.

Esimerkin lähtötiedot:

	Nykyinen tie	Suunniteltu tie
pituus (km)	14,0	12,8
päällysteen leveys (m)	7	12,0
mäkisyys (m/km)	15	9
kaarteisuus (gon/km)	36	11
liittymätiheys (kpl/km)	0,53	0,06
nopeusrajoitus (km/h)	80	100
KVL 2000	7000	-
KVLrask 2000	900	-

Tarkastelujakso on vv. 2005 - 2035. Liikenteen oletetaan kasvavan n. 2 %/a vuo-
teen 2010 asti ja n. 1 %/a välillä 2010-2020, jonka jälkeen kasvu on vuoteen 2030
asti n. 0,5 %/a. Vuoden 2030 jälkeen ei liikenteen oleteta enää kasvavan. Uudelle
tielle siirtyy 80 % liikenteestä. Tuntijärjestyskäyrä oletetaan läheisen LAM-pisteen
mukaiseksi nykyisellä ja suunnitellulla tiellä. Moottoriliikennetien verkossa vanhalla
tiellä käytetään eteläsuomalaisen seudullisen tien tuntijärjestyskäyrää.

Kaavio esimerkkihankkeesta



3.2 Tuntiliikenteiden määrittäminen

Liikenne-ennusteen avulla saadaan keskivuorokausiliikenteet sekä raskaan liikenteen määrät tiehankkeen avausvuodelle ja viiden vuoden välein seuraaville 30 vuodelle (=käytettävälle tarkasteluajanjaksolle).

Keskivuorokausiliikenne, KVL (autoa/vrk) ja KVLr (raskaita autoja/vrk)							
Vuosi	Kasvu kerroin	0-vaihtoehto		Ve1, uusi tie		Ve1, vanha tie	
		KVL	KVLr	KVL	KVLr	KVL	KVLr
2005	1,10	7 729	994	6 183	795	1 546	199
2010	1,22	8 533	1 097	6 826	878	1 707	219
2015	1,28	8 968	1 153	7 175	922	1 794	231
2020	1,35	9 426	1 212	7 541	970	1 885	242
2025	1,38	9 664	1 242	7 731	994	1 933	248
2030	1,42	9 908	1 274	7 926	1 019	1 982	255

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan tarkasteluvuosien 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käyrä saadaan esimerkiksi läheisten liikenteen automaattiseen mittausjärjestelmään (LAM) kuuluvien mittauspisteiden tiedoista (esim. julkaisusta Liikenteen automaattinen mittaus 1998. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 52/1999). Liitteessä (kuva 1) on esitetty esimerkkejä tuntijärjestyskäyristä.

Vuoden 1000. tunnin liikenne, Q_{1000} (autoa/h)

Vuosi	0-vaihtoehto	Ve1, uusi tie	Ve1, vanha tie
2005	618	495	124
2010	683	546	137
2015	717	574	143
2020	754	603	151
2025	773	618	155
2030	793	634	159

3.3 Matkanopeuksien määrittäminen

Määritetään kevyiden ja raskaiden autojen **matkanopeus vapaissa oloissa (V)**:

1-ajorataiset tiet, kun päällysteen leveys > 10 m

$V_{kev} = 20 + 0,73 \cdot V_{raj} + 0,6 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

$V_{rask} = 18 + 0,78 \cdot V_{raj} + 0,3 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

1-ajorataiset tiet, kun päällysteen leveys > 7 m ja ≤ 10 m

$V_{kev} = 20 + 0,58 \cdot V_{raj} + 1,8 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

$V_{rask} = 18 + 0,58 \cdot V_{raj} + 1,9 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

1-ajorataiset tiet, kun päällysteen leveys ≤ 7 m

$V_{kev} = 20 + 0,50 \cdot V_{raj} + 2,8 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

$V_{rask} = 18 + 0,50 \cdot V_{raj} + 2,9 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

2-ajorataiset tiet, kun yhden ajoradan päällysteen leveys > 10 m

$V_{kev} = 20 + 0,87 \cdot V_{raj}$

$V_{rask} = 18 + 0,87 \cdot V_{raj}$

2-ajorataiset tiet, kun yhden ajoradan päällysteen leveys ≤ 10 m

$V_{kev} = 20 + 0,77 \cdot V_{raj} + 0,8 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

$V_{rask} = 18 + 0,82 \cdot V_{raj} + 0,4 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$

Kun nopeusrajoitus on 100 km/h käytetään raskaille autoille V_{raj} arvona 81 km/h ja kun nopeusrajoitus on 120 km/h, käytetään V_{raj} arvona kevyille autoille 110 km/h ja raskaille autoille 82 km/h.

Ohituskaistojen kohdalla malleihin sisältyvässä päällysteen leveysarvossa (W) ei oteta huomioon koko ohituskaistan leveyttä vaan vain 2 m ylittävä lisäleveys. (Esim. jos ohituskaista on 3,5 metriä leveä, sen leveydestä otetaan huomioon vain 1,5 m).

Monikaistaisilla teillä päällysteen leveysarvolla tarkoitetaan yhden ajoradan tai ajosuunnan päällysteen leveyttä. Jos keskikaista on vain kaiteella erotettu tai ajorata on yhtenäinen, on leveydestä vähennettävä turvallisuuden edellyttämä ajovarmuusvara joka riippuu käytetystä ratkaisusta ja nopeudesta.

Matkanopeus vapaissa oloissa, V (km/h)

Esimerkiksi :

0-vaihtoehto $V_{kev} = 20 + 0,50 \cdot 80 + 2,80 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = \underline{79,6}$

$V_{rask} = 18 + 0,50 \cdot 80 + 2,90 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = \underline{78,3}$

0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve1, vanha tie	
V_{kev}	V_{rask}	V_{kev}	V_{rask}	V_{kev}	V_{rask}
79,6	78,3	102,0	84,8	79,6	78,3

Määritetään tien geometrian, liikenteen ja muiden olosuhteiden aiheuttama **matkanopeuden alenema** dV kunkin tarkasteluvuoden 1000. tuntina (verrattuna vapaisiin liikenneoloihin):

1-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{kev} / 800 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / 1000$$

$$dV_{rask} = V_{rask} / (M + 200) \cdot M + LT + 0,08 \cdot V_{rask} \cdot Q / 1000$$

2-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{kev} / 800 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

$$dV_{rask} = V_{rask} / (M + 200) \cdot M + LT + 0,08 \cdot V_{rask} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

Kaavoissa esiintyvä liittymätiheys voidaan laskea joko suoraan yleisten teiden liittymistä tai yhdistämällä yleisten ja yksityisten teiden liittymät seuraavasti. Yleiset tiet, nelihaaraliittymän paino on 1, kolmihaaraliittymän paino on 0,7 ja yksityistiet, nelihaaraliittymän paino 0,1 ja kolmihaaraliittymän paino 0,07.

Tarkistetaan, että raskaiden autojen matkanopeus ei tule suuremmaksi kuin kevyiden autojen ($dV_{rask} \geq (V_{rask} - V_{kev} + dV_{kev})$).

Korjataan matkanopeuden alenemaa tarvittaessa seuraavasti:

- öljysorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,04 \cdot V_{kev}$
- sorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,1 \cdot V_{kev}$
- liikennevalot: tarkastellaan erikseen.

Matkanopeuden alenema, dV (km/h)

Esimerkiksi: 0-vaihtoehto, 1000. tunti vuonna 2010:

$$dV_{kev} = 79,6 / 800 \cdot 36 + 12,9 / 10 \cdot 0,53 + 0,08 \cdot 79,6 \cdot 683 / 1000 = \underline{8,6}$$

$$dV_{rask} = 78,3 / (15 + 200) \cdot 15 + 0,53 + 0,08 \cdot 78,3 \cdot 683 / 1000 = 10,3$$

$$\text{Tarkistus: } dV_{rask} \geq 78,3 - 79,6 + 8,6 = 7,3 \text{ eli } dV_{rask} = \underline{10,3}$$

Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve1, vanha tie	
	dV_{kev}	dV_{rask}	dV_{kev}	dV_{rask}	dV_{kev}	dV_{rask}
2005	8,2	9,9	5,5	7,1	5,1	6,8
2010	<u>8,6</u>	<u>10,3</u>	5,9	7,4	5,1	6,8
2015	8,8	10,5	6,2	7,6	5,2	6,9
2020	9,1	10,7	6,4	7,8	5,2	6,9
2025	9,2	10,8	6,5	7,9	5,2	7,0
2030	9,3	11,0	6,7	8,0	5,3	7,0

Keskimääräinen matkanopeus määritetään kevyille ja raskaille autoille kaa-voista:

$v_{kev} = V_{kev} - dV_{kev}$

$v_{rask} = V_{rask} - dV_{rask}$

Keskimääräinen matkanopeus, v (km/h)						
Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie v. 2010:						
$v_{kev} = 102,0 - 5,9 = 96,1$						
$v_{rask} = 84,8 - 7,4 = 77,4$						
Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve1, vanha tie	
	v_{kev}	v_{rask}	v_{kev}	v_{rask}	v_{kev}	v_{rask}
2005	71,4	68,4	96,5	77,8	74,5	71,5
2010	71,0	68,0	<u>96,1</u>	<u>77,4</u>	74,5	71,5
2015	70,8	67,8	95,8	77,2	74,4	71,4
2020	70,5	67,6	95,6	77,0	74,4	71,4
2025	70,4	67,5	95,5	76,9	74,4	71,3
2030	70,3	67,3	95,3	76,8	74,3	71,3

3.4 Ajoneuvokustannusten laskeminen

Ajoneuvokustannukset (Ank, p/km) kevyille ja raskaille autoille saadaan laskettua kohdassa 2.2 määritettyjen kustannusosien avulla. Ajosuorite-riippuvainen osa ns. kiinteistä kustannuksista lasketaan mukaan sellaise-naan. Ajoajasta riippuvainen osa kiinteistä kustannuksista kerrotaan vertai-lunopeuden (kevyillä autoilla 80 ja raskailta 70 km/h) ja 1000. tunnin matka-nopeuden suhteella.

Taulukoista 3.1 ja 3.2 (sivu 29) saadaan määritettyä suhteellinen polttoai-neenkulutus (dP) vapaan matkanopeuden ja 1000. tunnin matkanopeuden avulla (polttoaineenkulutus tieosalla verrattuna kulutukseen keskimäärin ko-ko vuonna). Polttoaineenkulutuksesta riippuvainen kustannusosa (muuttuvat kustannukset, kohta 2.2) kerrotaan suhteellisella polttoaineenkulutuksella.

$Ank_{kev} = A_{kev} / 2 + 80 / v_{kev} \cdot A_{kev} / 2 + dP_{kev} \cdot B_{kev}$
 $Ank_{rask} = A_{rask} / 2 + 70 / v_{rask} \cdot A_{rask} / 2 + dP_{rask} \cdot B_{rask}$

Kaavojen kertoimien A ja B arvot vuoden 2000 kustannustasossa ovat:
 $A_{kev}=38, B_{kev}=40, A_{rask}=244$ ja $B_{rask}=182$ p/km (sivu 16).

Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve 1, vanha tie	
	Ank _{kev}	Ank _{rask}	Ank _{kev}	Ank _{rask}	Ank _{kev}	Ank _{rask}
2005	76,9	418,0	78,6	402,7	76,4	407,1
2010	77,0	419,5	78,5	403,7	76,4	407,3
2015	77,1	420,3	78,5	404,2	76,4	<u>407,5</u>
2020	77,1	421,2	78,5	404,8	76,4	407,7
2025	77,2	421,6	78,4	405,0	76,4	407,7
2030	77,2	422,1	78,4	405,3	76,4	407,8

[illegible]

Taulukko 3.2. Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen.

Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus (dP)												
Matka- nopeus (v) km/h	Vapaa matkanopeus (V) km/h											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	1,474	1,517	1,545	1,562	1,571	1,574	1,574	1,574	1,574	1,581	1,597	1,624
25	1,334	1,388	1,428	1,455	1,473	1,484	1,490	1,496	1,503	1,514	1,532	1,561
30	1,197	1,263	1,314	1,351	1,378	1,397	1,411	1,422	1,434	1,450	1,471	1,502
35	1,062	1,141	1,202	1,250	1,286	1,313	1,334	1,352	1,369	1,389	1,413	1,446
40	0,931	1,021	1,094	1,151	1,196	1,232	1,260	1,284	1,307	1,331	1,359	1,394
45	0,803	0,905	0,988	1,056	1,110	1,154	1,189	1,220	1,248	1,276	1,308	1,345
50		0,791	0,886	0,963	1,027	1,079	1,122	1,159	1,192	1,225	1,260	1,300
55			0,786	0,874	0,947	1,007	1,057	1,101	1,140	1,177	1,215	1,258
60				0,787	0,869	0,938	0,996	1,046	1,090	1,132	1,174	1,219
65					0,795	0,872	0,938	0,994	1,044	1,091	1,136	1,184
70						0,810	0,883	0,945	1,001	1,052	1,101	1,152
75							0,830	0,900	0,961	1,017	1,070	1,123
80								0,858	0,925	0,985	1,042	1,098
85									0,891	0,957	1,018	1,076
90										0,932	0,996	1,058
95											0,978	1,043
100												1,032

Liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset tieosittain (linkeittäin) saadaan laskettua liikennemäärän ja linkin pituuden avulla:

$Ank(Mmk/a) = Ank(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L / 10^8$

Ajoneuvokustannukset lasketaan linkeittäin kullekin tarkasteluvuodelle erikseen kevyille ja raskaille autoille.

Ajoneuvokustannukset Ank (Mmk/a)								
Esimerkiksi: 0-ve, raskaat autot v. 2005								
$Ank_{kev} = 418,0 \cdot 994 \cdot 365 \cdot 14,0 / 10^8 = 21,2$								
Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve 1, vanha tie		Ve 1, yhteensä	
	Ank _{kev}	Ank _{rask}	Ank _{kev}	Ank _{rask}	Ank _{kev}	Ank _{rask}	Ank _{kev}	Ank _{rask}
2005	26,5	21,2	19,8	15,0	5,3	4,1	25,0	19,1
2010	29,3	23,5	21,8	16,6	5,8	4,6	27,6	21,1
2015	30,8	24,8	22,9	17,4	6,1	4,8	29,0	22,2
2020	32,4	26,1	24,1	18,3	6,4	5,0	30,5	23,4
2025	33,2	26,8	24,7	18,8	6,6	5,2	31,3	24,0
2030	34,1	27,5	25,3	19,3	6,7	5,3	32,1	24,6

3.5 Aikakustannusten laskeminen

Aikakustannukset (Aik, p/km) saadaan laskettua joko autolajeittain eri matkantarkoituksen mukaan, tai kevyille ja raskaille autoille kohdan 2.4 kustannusten ja keskimääräisten matkanopeuksien avulla.

Aikakustannukset , Aik_{kev} ja Aik_{rask} (p/km)
Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie, kevyet autot v. 2005
 $Aik_{kev} = 65,8 / 96,5 \cdot 100 = 68,2$

Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve 1, vanha tie	
	Aik _{kev}	Aik _{rask}	Aik _{kev}	Aik _{rask}	Aik _{kev}	Aik _{rask}
2005	92,2	231,9	<u>68,2</u>	204,1	88,3	221,9
2010	92,7	233,3	68,5	205,0	88,4	222,1
2015	93,0	234,0	68,7	205,5	88,4	222,2
2020	93,3	234,8	68,8	206,1	88,5	222,4
2025	93,4	235,2	68,9	206,3	88,5	222,5
2030	93,6	235,7	69,0	206,6	88,5	222,5

Vuotuiset aikakustannukset tieosittain (linkeittäin) lasketaan ajoneuvokustannusten tapaan:

$$Aik \text{ (Mmk/a)} = Aik \text{ (p/km)} \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$$

Aikakustannukset , Aik_{kev} ja Aik_{rask} (Mmk/a)
Esimerkiksi: ve 1, uusi tie, raskaat autot v. 2010
 $Aik_{rask} = 205,0 \cdot 878 \cdot 365 \cdot 12,8 / 10^8 = 8,4$

Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve 1, vanha tie		Ve 1, yhteensä	
	Aik _{kev}	Aik _{rask}	Aik _{kev}	Aik _{rask}	Aik _{kev}	Aik _{rask}	Aik _{kev}	Aik _{rask}
2005	31,7	11,8	17,2	7,6	6,1	2,3	23,2	9,8
2010	35,2	13,1	19,0	<u>8,4</u>	6,7	2,5	25,8	10,9
2015	37,1	13,8	20,1	8,9	7,1	2,6	27,1	11,5
2020	39,2	14,5	21,1	9,3	7,4	2,8	28,6	12,1
2025	40,2	14,9	21,7	9,6	7,6	2,8	29,3	12,4
2030	41,3	15,3	22,3	9,8	7,8	2,9	30,1	12,7

3.6 Onnettomuusmäärien selvittäminen

Liikennetaloudellisia laskelmia varten on tärkeää selvittää mahdollisimman luotettavasti onnettomuuksien määrissä tapahtuvat muutokset. Yleensä keskitytään vain henkilövahinkoihin johtaviin (heva) onnettomuuksiin. Pelkästään omaisuusvahinkoihin johtavien onnettomuuksien tietoon tulo ei ole yhtä kattava ja niiden merkitys laskelmissa on marginaalinen.

Tulevien liikenneonnettomuuksien määriä voidaan arvioida eri menetelmillä. Käytettävissä on onnettomuusmalleja, tietoja onnettomuusasteista erilaisissa

tie- ja liikenneoloissa sekä arvioita tienparannustoimien vaikutuksesta erilaisiin onnettomuuksiin. Lähtökohtana on aina liikenneonnettomuuksien analysointi siltä osalta tieverkkoa, jolla tapahtuvat muutokset ovat kustannustarkastelun kannalta merkittäviä.

Tapahtuneiden onnettomuuksien määrä (onnettomuushistoria) ei useinkaan kuvaa riittävän luotettavasti tietyn tienosan turvallisuuden tasoa. Tilastointiin sisältyvien epävarmuustekijöiden lisäksi pieniin onnettomuuslukuihin liittyy suurta satunnaisvaihtelua. Luotettavimmat arviot kohteen turvallisuustilanteesta saadaankin yhdistämällä tiedot kohteessa tapahtuneista onnettomuuksista sekä laajempien tie- ja liikennetietojen pohjalta lasketuista, samankaltaisten tieolosuhteiden (tieryhmän) keskimääräisistä onnettomuusluvuista. Onnettomuudet voidaan lisäksi jakaa luotettavuuden parantamiseksi pienempiin ryhmiin, kuten autoliikenteen, kevyen liikenteen ja eläinonnettomuuksiin.

Onnettomuuksien lukumäärän arvioimiseen on käytettävissä eri ohjelmia, joista Tiehallinnossa useimmiten käytetään TARVA (turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla) – laskentamenetelmää. Vuosittain päivitettävä ohjelma perustuu tarkasteluvuoden tie- ja liikennetietojen sekä viiden viimeisen vuoden onnettomuustietojen hyväksikäyttöön. Ohjelma käyttöohjeineen on saatavissa Tiehallinnolle tehtäviä laskelmia varten internetistä (www.tarva.net).

Nykyisen tien onnettomuudet

Onnettomuuksien nykytilan laskemiseksi riittää TARVA-ohjelmassa tarkasteltavan tieosuuden osoitetiedon syöttäminen ohjelmaan. Ohjelma laskee nykytilan yhdistämällä onnettomuushistorian ja ko. tieryhmän keskimääräisen onnettomuustiedon. Tiellä, jolle ei ole vielä kertynyt riittävää onnettomuushistoriaa, käytetään suoraan ko. tieryhmän keskimääräistä onnettomuusastetta. Onnettomuusasteet ja niihin liittyvät keskimääräiset vakavuusasteet käyvät ilmi taulukoista 3.3 ja 3.4.

Taulukko 3.3. Keskimääräiset onnettomuus- ja vakavuusasteet tielinjoilla.

Tieryhmä	Nopeus- rajoitus	KESKIMÄÄRÄINEN ONNETTOMUUSASTE henkilövahinko-onnettomuutta / milj. autokm				VAKAVUUS kuolleet / 100 h-onn.
		Kaikki h-onn.	Auto	Luokittain Kevyt Eläin		Kaikki h-onn.
1 Moottoritie	1) <= 80 km/h	0,05	0,041	0,0023	0,0059	5
	100 km/h	0,04	0,035	0,0012	0,0020	5
	120 km/h	0,04	0,032	0,0019	0,0036	13
2 Moottoriliikennetie	1) kaikki	0,06	0,057	0,0015	0,0052	22
3 Muu 2-ajoratainen tie	1) <= 70 km/h	0,14	0,107	0,0277	0,0009	3
	>= 80 km/h	0,08	0,073	0,0040	0,0002	5
4 Leveä päätie maaseudulla	2) <= 70 km/h	0,09	0,070	0,0119	0,0034	4
	80 km/h	0,08	0,063	0,0103	0,0064	12
	100 km/h	0,07	0,054	0,0047	0,0131	14
5 Kapea päätie maaseudulla	2) <= 70 km/h	0,13	0,102	0,0239	0,0075	10
	80 km/h	0,08	0,068	0,0120	0,0051	12
	100 km/h	0,08	0,060	0,0068	0,0132	14
6 Leveä muu tie maaseudulla	2) <= 70 km/h	0,13	0,089	0,0396	0,0021	7
	80 km/h	0,09	0,065	0,0176	0,0054	7
	100 km/h	0,09	0,066	0,0101	0,0175	8
7 Kapea muu tie maaseudulla	2) <= 70 km/h	0,18	0,132	0,0462	0,0039	7
	80 km/h	0,12	0,095	0,0175	0,0062	10
	100 km/h	0,08	0,054	0,0127	0,0124	11
8 Taajamatie, tien varressa on palveluja:	3) <= 50 km/h	0,28	0,105	0,1763	0,0006	4
	60-70 km/h	0,16	0,088	0,0679	0,0020	7
	>= 80 km/h	0,09	0,054	0,0361	0,0015	9
9 Taajamatie, tien varressa ei palveluja:	3) <= 50 km/h	0,18	0,098	0,0775	0,0003	5
	60-70 km/h	0,13	0,092	0,0364	0,0007	8
	>= 80 km/h	0,10	0,079	0,0183	0,0027	11

- 1) Sisältää myös tierekisterin maankäyttötiedon mukaiset taajamien tied.
- 2) Ilman taajamaita. Päätie on kapea, kun sen päällysteleveys on alle 9,5 m ja muu tie on kapea, kun sen päällysteleveys on alle 8 metriä.
- 3) Luokittelu taajamaitiin tierekisterin maankäyttö -tietolajin mukaan. Ei sisällä moottori-, moottoriliikenne- ja 2-ajorataisten teiden taajamaita.

HUOM: Taulukossa nopeusrajoitus on valittu kuvaamaan erilaisia tie- ja liikenneolosuhteita. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta ei voida arvioida tämän taulukon perusteella, sillä eri nopeusrajoituksen alaiset tiet poikkeavat toisistaan yleensä myös monella muulla tavalla.

Taulukko 3.3. Keskimääräiset onnettomuusasteet liittymissä.

Liittymän tyyppi	Sivutien osuus, %, ¹⁾	LIITTYMIEN ONNETTOMUUSASTE henkilövahinko-onnettomuutta/ 100 milj. saapunutta autoa ^{2), 3)}			
		Kaikki h-onn.	Auto	Luokittain Kevyt	Eläin
3-haarainen tasoliittymä, T	0 – 5 %	3,6	2,9	0,6	0,02
	6 – 15 %	5,1	4,1	1,0	0,02
	16 - %	6,1	5,1	1,0	0
4-haarainen tasoliittymä, X	0 – 5 %	2,9	2,8	0,1	0
	6 – 15 %	8,9	7,8	1,1	0
	16 - %	10,1	8,4	1,7	0
Eritasoliittymä	kaikki	1,0	1,0	0,1	0,02

- 1) Muiden kuin kahden suuriliikenteisimmän päätiehaaran osuus kaikista liittymään saapuvista ajoneuvoista.
- 2) Saapuvien autojen määrä = liittymään saapuvien ajoneuvojen määrä vuodessa liittymähaarojen KVL-arvojen perusteella laskettuna.
- 3) Liittymäonnettomuuksien vakavuusasteena voidaan käyttää päätien linjaosuuden vakavuusastetta.

Laskennassa käsitellään erikseen liittymien ja tielinjan onnettomuudet. Henkilövahinko-onnettomuuksien lisäksi ohjelma laskee myös onnettomuuksissa kuolleiden nykytila-arvion. Onnettomuuskehitystä ennustettaessa kerrotaan nykyinen onnettomuusmäärä edelleen liikenteen kasvukertoimella.

Parannetun tien onnettomuudet

Tienparannuksen jälkeinen onnettomuusmäärä voidaan laskea eri toimille määriteltujen vaikutuskertoimien avulla. Kun samalle tieosuudelle tehdään erilaisia toimia, yhdistetty vaikutus syntyy eri vaikutuskertoimien tulona. Toimet vaikuttavat sekä onnettomuuksien määrään että niiden vakavuuteen. Tuloksena saadaan arvio henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä ja onnettomuuksissa kuolevista vuotta kohti. TARVA-ohjelman käyttämät vaikutuskertoimet sekä onnettomuuksien vakavuuden muutokset on esitetty ohjelman käyttöohjeessa.

Uuden tieyhteyden onnettomuudet

Uusia tieyhteyksiä synnytetäessä jakautuvat liikennemäärät ja sitä myötä myös onnettomuudet uudelleen tieverkolle. TARVA-ohjelma ei ole sopivin työkalu tämän tyyppisten toimien turvallisuusvaikutusten arviointiin. Arviointiin on käytettävissä muita ohjelmia, kuten Tiehallinnon käyttämä IVAR (Investointihankkeiden vaikutusten laskenta).

Muut arviointimahdollisuudet

Karkeita arvioita yksittäisille tieosuuksille voidaan tarvittaessa tehdä myös ilman ohjelmia, laskemalla onnettomuusmuutos onnettomuusmäärän ja vaikutuskertoimien avulla. Ns. pistekohtaisissa kohteissa, esim. liittymissä, vaikutusalueeksi otetaan tavallisesti 200 m kumpaankin suuntaan. Liittymän liikennemääränä käytetään liittymään tulevien ajoneuvojen kokonaismäärää.

Nykyisen tien onnettomuuksia laskettaessa tulisi tieryhmän keskimääräisellä onnettomuusasteella olla vähintään sama painoarvo kuin itse tarkasteltavan tieosuuden onnettomuushistorialla. Tarvittavat onnettomuusasteet ja vaikutuskertoimet voidaan ottaa vastaavista TARVA-ohjelman taulukoista. Niitä käytettäessä on kuitenkin muistettava, että liittymillä ja liittymäväleillä on omat arvonsa.

Jos tunnetaan vain henkilövahinko-onnettomuuksien kokonaislukumäärä ilman taulukon ryhmittelyä auto-, kevyt- ja eläinonnettomuuksiin, vaikutuskertoimen tulee valita tieympäristön perusteella tai käyttää esim. eri onnettomuusryhmille annettujen kertoimien keskiarvoa tai onnettomuusryhmien suuruudella painotettua keskiarvoa. Arvio toimenpiteen jälkeisestä onnettomuusmäärästä lasketaan kertomalla nykyisen tien onnettomuusmäärä näin saadulla kertoimella.

Heva-onnettomuusasteen odotusarvon (OA) ja vuotuisen ajosuoritteen tulona saadaan laskettua halutun tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä taloudellisuyslaskelmia varten yleensä riittävän luotettavasti:

$$O \text{ (heva-onn./a)} = OA \cdot KVL \cdot 365 \cdot L / 10^6$$

Liikennemäärän kasvun ei laskelmissa oleteta vaikuttavan tieosuuden onnettomuusasteeseen tieolosuhteiden pysyessä muuttumattomina, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat ajosuoritteen suhteessa.

Onnettomuuksissa kuolleiden määrät voidaan arvioida vakavuuskertoimien avulla:

$$O_{\text{kuol}} \text{ (henk./a)} = O \cdot O_{\text{vak}} / 100$$

Henkilövahinko-onnettomuusmäärät (onn/a) ja kuolleiden määrät (henk/a)

Esimerkkitapauksessa onnettomuus- ja vakavuusasteet arvioitiin nykyiselle tielle TARVA-ohjelman avulla. Moottoriliikennetien ja sivuun jäävän vanhan tien onnettomuus- ja vakavuusasteet arvioitiin taulukon 3.3 keskimääräisten onnettomuusasteiden avulla. Näin saatiin nykyiselle tielle henkilövahinko-onnettomuusasteeksi 0,16 onn./milj. autokm, moottoriliikennetielle 0,06 onn./milj. autokm ja sivuun jäävälle vanhalle tielle 0,18 onn./milj. autokm. Vakavuusasteina käytettiin nykyiselle tielle 12, moottoriliikennetielle 22 ja vanhalle tielle 10 (kuollutta/100 henkilövahinko-onnettomuutta)

Esimerkiksi:
ve 1, uusi tie v. 2015:
 $0,06 \cdot 7175 \cdot 365 \cdot 12,8 / 10^6 = 2,0$ henkilövahinko-onnettomuutta vuodessa
 $2,0 \cdot 22 / 100 = 0,4$ kuollutta henkilöä vuodessa

Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie		Ve 1, vanha tie	
	onn/a	henk/a	onn/a	henk/a	onn/a	henk/a
2005	6,3	0,8	1,7	0,4	1,4	0,1
2010	7,0	0,8	1,9	0,4	1,6	0,2
2015	7,3	0,9	<u>2,0</u>	<u>0,4</u>	1,6	0,2
2020	7,7	0,9	2,1	0,5	1,7	0,2
2025	7,9	0,9	2,2	0,5	1,8	0,2
2030	8,1	1,0	2,2	0,5	1,8	0,2

3.7 Onnettomuuskustannusten laskeminen

Onnettomuuskustannusten arviointiin suunnittelutilanteessa riittää tavallisesti henkilövahinko-onnettomuuksien määrän ja vastaavien yksikkökustannusten käyttäminen. Arvio voidaan tehdä kuitenkin myös onnettomuuksien vakavuusasteesta ja vastaavista yksikkökustannuksista lähtien, esim. TARVA-raportin perusteella. Vakavuusasteella on merkitystä, kun onnettomuuksissa kuolleiden osuus poikkeaa paljon keskimääräisestä. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kustannukset otetaan yleensä huomioon vakiokertoimen avulla (esim. kerroin 1,1, jolloin omaisuusvahinkojen osuus onnettomuuskustannuksista on noin 10%).

Onnettomuuskustannukset Onk (Mmk/a)

Esimerkitapauksessa onnettomuuskustannuksina käytettiin kaikissa vaihtoehtoissa keskimääräistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta.

Omaisuuksivahinko-onnettomuudet otettiin huomioon kertoimen avulla.

Esimerkiksi:

$$0\text{-ve v. 2005: Onk} = 6,3 \cdot 2300000 \cdot 1,1 / 10^6 = \underline{16,0}$$

Vuosi	0-vaihtoehto	Ve 1, uusi tie	Ve 1, vanha tie	Ve 1, yhteensä
	Onk	Onk	Onk	Onk
2005	<u>16,0</u>	4,4	3,6	8,0
2010	17,7	4,8	4,0	8,8
2015	18,6	5,1	4,2	9,3
2020	19,5	5,3	4,4	9,7
2025	20,0	5,5	4,5	10,0
2030	20,5	5,6	4,6	10,2

3.8 Ympäristökustannusten laskeminen

Liikenteen aiheuttamat päästöt, melutasot ja melualueilla asuvat lasketaan sen tieverkon alueella, jonka liikennemääriin tai -olosuhteisiin hanke vaikuttaa merkittävästi.

Melun häiriönä kokevat asukkaat

Esimerkitapauksessa on arvioitu melualueilla asuvien määrät tarkastelujaksolla vuonna 2005. Vastaavasti on arvioitu asukkaiden määrät sekä uudella tiellä että sivuun jäävällä vanhalla tiellä. Melun häiriönä kokevien asukkaiden määrä lasketaan kohdassa 2.6 esitetyn taulukon avulla.

Esimerkiksi:

$$\text{Ve 0, melun häiriönä kokevia yhteensä} = 0,33 \cdot 190 + 0,50 \cdot 50 = 63 + 25 = \underline{88}$$

Melutaso (dB(A))	Asukkaita eri vaihtoehtoissa		
	0-vaihtoehto	Ve 1, uusi tie	Ve 1, vanha tie
55-65 dB	190	15	90
65-70 dB	50	0	0
>70 dB	0	0	0
Melun häiriönä kokevat asukkaat	<u>88</u>	5	30

Melun vaikutustarkasteluissa selvitetään päiväliikenteen (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasot. Väylän läheisyydessä määritetään erikseen 55, 65 ja 70 dB:n melutasojen etäisyys tiestä eli melurajat (melukäyrät) ja arvioidaan näiden rajaamilla melualueilla asuvien määrät laskentajakson alussa. Melualueiden rajoja ei yleensä ole tarpeen määrittää erikseen tarkastelujakson muina vuosina, sillä liikennemäärien normaalit muutokset vaikuttavat melutasoihin vain vähän. Asukkaiden määrien arviointiin voidaan käyttää väestörekisterin tietoja tai rakennusten määrän avulla tehtyjä arvioita.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melun yksikkökustannuksen ja melun häiritseväksi kokevien määrän avulla kohdassa 2.6 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Pakokaasupäästöjä laskettaessa tulee tiehankkeissa yleensä ottaa huomioon ajo-olosuhteet, nopeustaso ja autojen tekninen kehittyminen. Verkon katuosuuksille ja maantiesuuksille tulee käyttää eri ominaispäästökertoimia (g/ajokm). Tiehallinto käyttää yleensä YTV:n tutkimustuloksiin perustuvia päästömalleja (Liikennejärjestelmän vaikutus ilmanlaatuun, YTV, B1997).

Pakokaasupäästöt lasketaan vähintään tien avaamisvuodelle, yhdelle väli- vuodelle ja viimeiselle tarkasteluvuodelle. Päästöjen kehittymiseen vaikuttaa mm. katalysaattoriautojen yleistyminen. Vuonna 2020 autokannan oletetaan pääosin täyttävän sekä raskaille autoille että henkilöautoille asetetut tiukemmat päästömääräykset. Pakokaasujen päästöt eivät tarkastelujaksolla välttämättä kehity lineaarisesti. Hiilidioksidipäästöjen laskennassa voidaan ottaa huomioon autokannan kehitymisestä johtuvat muutokset autojen polttoaineenkulutuksessa.

Pakokaasupäästöjen määrät (t/a)										
Esimerkkitapauksessa laskettiin päästöt erikseen kevyille ja raskaille ajoneuvoille. Laskennassa on otettu huomioon ajoneuvojen tekninen kehittyminen, nopeustaso ja ajo-olosuhteet.										
Hiilidioksidipäästöjen laskennassa otettiin lisäksi huomioon autokannan kehittymisen takia tapahtuva polttoaineenkulutuksen lasku vuoteen 2020 mennessä.										
Taulukossa esitetyt luvut ovat vuotuisia kokonaispäästöjä 15 vuoden välein laskettuina										
Vuosi	0-vaihtoehto					Ve 1, uusi tie ja vanha tie yhteensä				
	Typen oksidit	Hiili- vedyt	Häkä	Hiukkas et	Hiili- dioksidi	Typen oksidit	Hiili- vedyt	Häkä	Hiukkas et	Hiili- dioksidi
2005	82,2	11,8	66,4	16,0	9 595	77,3	10,8	66,2	14,1	9 785
2020	59,4	8,0	41,9	3,8	10 000	54,8	7,3	43,3	3,4	10 000
2035	62,6	8,5	44,1	3,9	10 400	57,8	7,7	45,6	3,5	10 400

Pakokaasujen kustannukset voidaan karkealla tasolla laskea suoraan suoritteiden ja ajoneuvokohtaisten yksikkökustannusten avulla. Tarkempaan tulokseen päästään laskemalla kustannukset päästömäärien (tonnia/vuosi) ja päästöjen yksikkökustannusten (mk/tonni) avulla.

Ympäristökustannukset Ymk (Mmk/a)

Esimerkkitapauksen melukustannukset laskettiin olettamalla ne samoiksi koko laskentajakson ajalta (laskenta vuoden 2005 tilanteen mukaan). Pakokaasupäästöjen kustannukset laskettiin haja-asutusalueen hintojen mukaisina.

Esimerkiksi

0-vaihtoehto v. 2020:

Melun kustannukset = $88 \cdot 5700 / 106 \text{ mk} = 0,5 \text{ Mmk}$

Pakokaasupäästöjen kustannukset =

$(59,4 \cdot 2400 \text{ mk} + 8,0 \cdot 370 \text{ mk} + 41,9 \cdot 6 + 3,8 \cdot 23000 \text{ mk} + 10000 \cdot 203 \text{ mk}) / 106 = 2,3 \text{ Mmk}$.

Vuosi	0-vaihtoehto		Ve 1, uusi tie ja vanha tie yhteensä	
	Melu	Pakokaasu	Melu	Pakokaasu
2005	0,5	2,5	0,2	2,5
2020	<u>0,5</u>	<u>2,3</u>	0,2	2,2
2035	0,5	2,4	0,2	2,3

3.9 Tiehankkeen kustannukset

Tiehankkeen kustannuksiin kuuluvat tien rakentamisen kustannukset rakennusaikaiset korot mukaan luettuna ja tien kunnossapidon kustannukset (Kpk, kunnossapito ja uudelleen päällystäminen).

Käytettäessä tämän julkaisun mukaisia yksikkökustannuksia on tiehankkeen kustannukset (arviot) esitettävä maarakennuskustannusindeksin (1995=100; lyhenne MAKU-ind.) pisteluvun 117,3 mukaisessa kustannustasossa. Pisteluku vastaa aiemmin käytetyn tr-indeksin pistelukua 154.

Laskentaesimerkin rakennuskustannukset on arvioitu alunperin tr-indeksin pisteluvun 134 mukaisessa kustannustasossa 165 Mmk:ksi. Ottamalla huomioon indeksimuunnos ja rakennusaikaiset korot, saadaan kuoletettavat rakennuskustannukset. Jäännösarvoprosentin avulla saadaan jäännösarvo laskentajakson lopussa ja tämä diskontataan avaamisvuoteen.

Indeksimuutos tr-indeksistä MAKU-indeksiin	134	→	117,3 (tr-ind, 154)
Kustannusarvio	165	→	190 Mmk
Rakennusaika 3 vuotta. Korot yht. 7,7 %			15 Mmk
Kuoletettava kustannus (K)			205 Mmk
Laskentajakso 30 vuotta, laskentakorko 5 %			
Jäännösarvoprosentti 25 %			
Jäännösarvo (J)			11 Mmk

Vuotuiset kunnossapitokustannukset arvioidaan esim. tien kunnossapitoluokan ja kunnossapitotilastojen avulla. Uudelleen päällystämisen kustannukset sisällytetään yleensä kunnossapitokustannuksiin (keskimääräinen vuosikustannus), mutta niitä voidaan periaatteessa käsitellä myös määräaikaaisina lisäinvestointeina.

Kunnossapitokustannukset (Mmk/vuosi) on laskentaesimerkissä arvioitu seuraaviksi

Vuosi	0-vaihtoehto	Ve 1, uusi tie	Ve 1, vanha tie
2005	1,0	0,9	0,5
2010	1,1	0,9	0,6
2015	1,2	1,0	0,6
2020	1,2	1,0	0,6
2020	1,2	1,0	0,6
2035	1,2	1,0	0,6

3.10 Taloudellisuustarkastelut

Tienpidon taloudellisuustarkasteluissa liikenteen ajokustannuksiin (AK) lasketaan ajoneuvokustannukset (Ank), aikakustannukset (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk). Liikenteen ympäristökustannuksiin (Ymk) lasketaan melun ja pakokaasupäästöjen haittojen kustannukset.

Nykyisin liikenteen melun ja pakokaasupäästöjen kustannuseriä käsitellään taloudellisuuslaskelmissa samoin periaattein kuin ajokustannuksia. Kuitenkin on suositeltavaa käsitellä sekä ajokustannusten että ympäristökustannusten osakustannuksia ja niiden muutoksia erillisinä. Tuloksina ilmoitetaan tiehankkeiden liikennetaloudelliset tunnusluvut ympäristökustannusten kanssa ja tarvittaessa myös ilman niitä.

Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat liikenteen kustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi tien käytön kustannukset (Kpk, lähinnä tien kunnossapito ja uudelleen päällystäminen) sekä erilaiset tiehankkeesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset esim. aluetalouteen.

Hankkeen tarkastelujakson (tie- ja siltahankkeilla 30 vuotta) eri vuosina erääntyvät kustannukset (esim. rakennuskustannukset, niiden korot, liikenteen kustannukset) tai vaikutuksina kertyvät rahalliset hyödyt (säästöt) on tarpeen saada keskenään verrattaviksi. Tästä syystä kustannukset ja hyödyt diskontataan sovitulla laskentakorolla (5 %) perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään myös hankkeen laskennallisen jäännösarvon sekä kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkastelujakson vuodelta. Riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset jakson alku- ja loppuvuodelta sekä väli vuosilta 5 (tai 10) vuoden välein, jos liikenteen säästö- tai kustannuserien voidaan olettaa muuttuvan väliaikoina suoraviivaisesti.

Vuotuiset kustannukset diskontataan avaamisvuoteen yleisten diskonttauskaavojen avulla. Tässä käytetty diskonttauskaava antaa 30 vuoden laskentajakson vuosikustannusten nykyarvosumman laskettuna 5 vuoden välein määriteltujen vuosikustannusten avulla 5 prosentin korolla. Kaavan diskonttauskertoimet saadaan suoraan taulukoista tai kaavasta $v^n = 1 / 1,05^n$.

Esimerkiksi: ajoneuvokustannukset, 0-vaihtoehto, kevyet autot:

Ank =

$$2,5 * 1 * 26,5 + 5 * 0,78353 * 29,3 + 5 * 0,61391 * 30,8 + 5 * 0,48102 * 32,4 + 5 * 0,37689 * 33,2 + 5 * 0,29530 * 34,1 + 2,5 * 0,23138 * 34,1 = 485,7 \text{ Mmk}$$

Vastaavasti voidaan diskontata muut kustannukset ja laskea hankkeen aiheuttamat hyödyt tai lisäkustannukset.

Hankkeen taloudelliset tunnusluvut

Hankkeen kannattavuuden arviointia ja eri vaihtoehtojen edullisuuden vertailua varten on kehitetty laskennallisia menetelmiä, joilla eriaikaisia ja erilaisia vaikutuksia yhdistetään edullisuutta kuvaaviksi tunnusluvuiksi.

Yleisimmin käytetyt liikennetaloudelliset tunnusluvut tiehankkeiden vertailussa ovat:

- **Hyötykustannussuhde (H/K):**

Koko laskenta-ajanjaksolta (yleensä 30 vuotta) perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde vastaavasti diskontattuihin investointikustannuksiin.

- **Ensimmäisen vuoden tuotto (e):**

Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettuna kokonaisinvestoinnilla (kuoletettava kustannus).

Näiden lisäksi voidaan laskea muitakin tunnuslukuja, joista mainittakoon seuraavat:

- **Hankkeen sisäinen korko:**

Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty-kustannussuhde on yksi.

- **Nykyarvo (Pääoma-arvo):**

Kaikkien tarkastelujakson aikana syntyvien hyötyjen ja kustannusten nykyarvojen erotus.

Laskentakaavoja

$$H/K = (B - C + J) / K \quad (\text{nettoperiaatteella laskettuna})$$

K = perusinvestointi rakennusaikaiset korot mukaan lukien nykyarvoisena

B = liikenteen (+Ymk) hyötyjen nykyarvo

C = käyttökustannusten (Kpk) nykyarvo

J = jäännösarvon nykyarvo

(B ja C summattuina koko laskentajaksolta)

$$e = (b_1 - c_1) / K$$

$$b_1 = 1. \text{ vuoden hyödyt (AK- ja Ymk- säästöt } 0\text{-vaihtoeht. verraten)}$$

$$c_1 = 1. \text{ vuoden käyttökust. (Kpk-lisäys/säästö)}$$

Kannattavuuslaskelma

Hankkeen kannattavuuslaskelma tehdään niitä koskevien ohjeiden mukaisesti (Hankearvioinnin yleisohjeet, Liikenneministeriö 8/2000 ja Hyötykustannussuhde ja tiehankkeen kannattavuus, Tielaitos, esite). Laskelmaa täydennetään tarvittavilla selvityksillä ja herkkyystarkasteluilla.

Taloudellisuustarkastelu	0-vaihtoehto		Ve 1		Säästö
		uusi tie	vanha tie	yhteensä	
Väylänpitäjän hyödyt					
Kunnossapitokustannukset	18	15	9	24	-6 Mmk
	18	15	9	24	-6 Mmk
Väylän käyttäjän hyödyt					
Ajoneuvokustannukset					
kevyet autot	486	362	96	458	28 Mmk
raskaat autot	391	275	76	351	40 Mmk
Aikakustannukset					
kevyet autot	586	317	111	428	158 Mmk
raskaat autot	218	140	41	181	37 Mmk
Onnettomuuskustannukset	293	80	66	146	147 Mmk
	1973	1173	391	1564	409 Mmk
Muun yhteiskunnan hyödyt					
Melukustannukset	8	0	3	3	5 Mmk
Päästökustannukset	38	17	7	24	14 Mmk
	46	17	10	27	18 Mmk
Jäännösarvo					11 Mmk
HYÖDYT YHTEENSÄ					432 Mmk
Kustannukset					
Rakentamiskustannukset					190 Mmk
Rakentamisen aikaiset korot					15 Mmk
					204 Mmk
KUSTANNUKSET YHTEENSÄ					204 Mmk
HYÖTY - KUSTANNUSSUHDE					
H/K = 432 Mmk / 204 Mmk					= 2,1
NYKYARVO					228 Mmk

4 LIITTEET

Tuntiliikenneluokkiin perustuva alustava laskentamenetelmä

1. Menetelmän erot käsinlaskentamenetelmään verrattuna

Menetelmä eroaa käsinlaskentamenetelmästä lähinnä matkanopeuden määrittämisessä. Laskennat tehdään lisäksi neljälle eri tuntiliikenneluokalle, joiden osuudet määrätään tuntijärjestyskäyrien avulla. Menetelmällä ajoneuvokustannukset on määritettävissä käsinlaskentamenetelmää tarkemmin etenkin ruuhkautuvilla tieosilla. Laskennan vaatimien useiden välitulosten takia laskennat on syytä kerätä sopiviin taulukoihin, joissa on tilaa eri linkeille, tyyppiautoille, tarkastelutunneille ja tarkasteluvuosille.

2. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarvitaan käsinlaskentamenetelmän tietojen lisäksi tuntijärjestyskäyrältä tarkastelutuntien liikenteen osuudet keskivuorokausiliikenteestä, sekä niiden välisten tuntien suoriteosuudet vuosisuoritteesta.

3. Tuntiliikenteet

Tuntiliikenteet määritetään neljälle eri tarkastelutunnille (1., 100., 1000. ja 5000. tunti). Samalla määritetään vuoden 1.-100., 101.-1000. ja 1001.-8760. tuntien liikenteen suoriteosuudet vuosisuoritteesta. Nämä saadaan liikenteen automaattisista mittauspisteiden laskentatuloksista tai niitä koskevista julkaisuista (esim. Liikenteen automaattinen mittaus 1998, Tielaitos 52/1999). Kuvassa 1 on esitetty esimerkkejä erilaisista tuntijärjestyskäyristä.

4. Matkanopeus

Matkanopeus vapaissa oloissa määritetään kuten käsinlaskentamenetelmässä.

Eri liikennetilanteiden nopeuksien määrittämiseksi muodostetaan tarkasteltaville linkeille nopeuskuvaajat. Ne muodostuvat suoraviivaisista osista, jolloin nopeus laskee aluksi hitaasti taitepisteeseen asti. Taitepisteen jälkeen nopeus laskee voimakkaasti kunnes saavutetaan välityskykytilanne (yleensä lievä ylikuormitus). Kysynnän ylittäessä välityskyvyn oletetaan nopeuden pysyvän alhaisena.

Nopeuskuvaajan laatimiseksi täytyy laskea tai arvioida seuraavat tiedot:

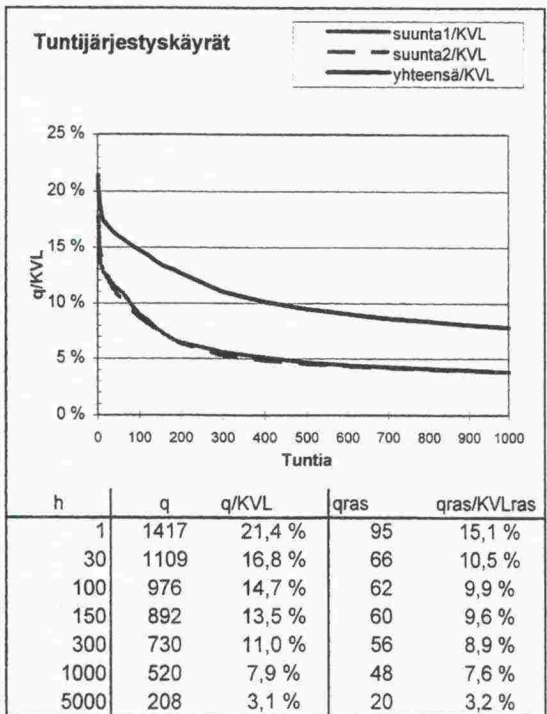
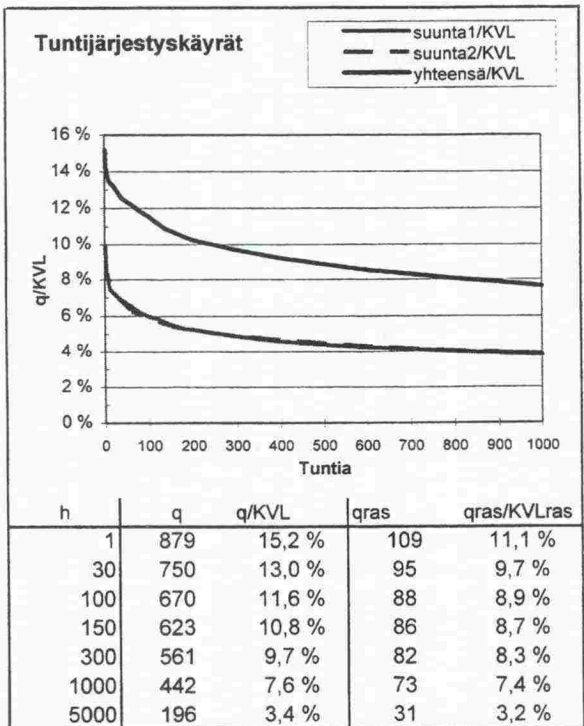
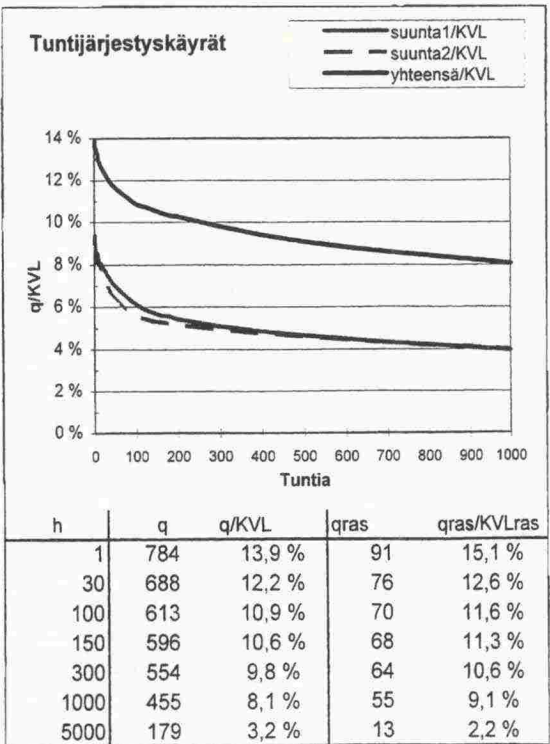
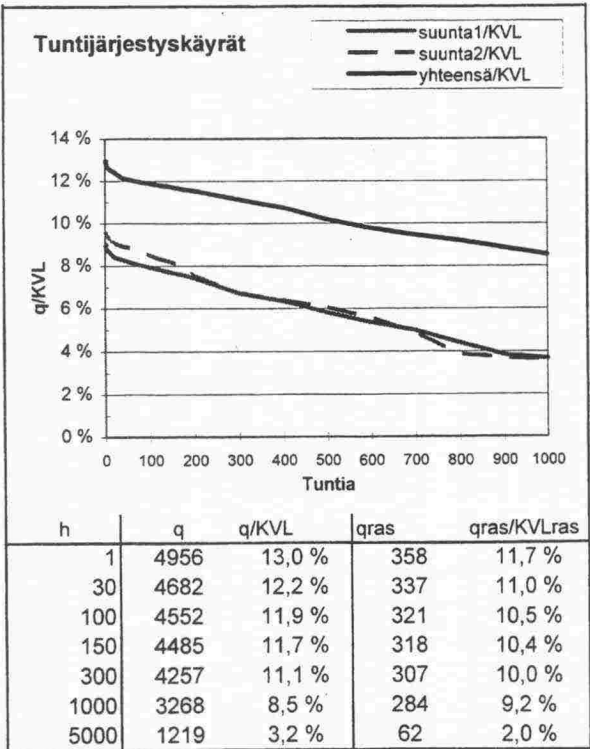
- Kevyen ja raskaan auton nopeudet (nopeusmallien avulla) liikennemäärän ollessa vähäinen
- Linkin välityskyky (lasketaan yleensä välityskykymenetelmillä esim. HCM).
- Kevyen ja raskaan auton nopeuskuvaajien taitepisteiden liikennemäärät (esim. $0,85 \cdot \text{välityskyky}$).
- Kevyen ja raskaan auton nopeudet nopeuskuvaajan taitepisteessä (saadaan nopeusmalleista, kun liikennemäärä on taitepistettä vastaava).
- Linkin ylikuormitusta kuvaava nopeus (2-kaistaisilla teillä on käytetty nopeutta 25 km/h ja monikaistaisilla teillä nopeutta 30 km/h).

5. Ajoneuvokustannukset

Tarkastelutunneille määritetään ajoneuvokustannukset kuten käsinlaskentamenetelmässä. Tuntiliikenneluokkien keskimääräiset ajoneuvokustannukset määritetään niitä rajoittavien tarkastelutuntien keskiarvona. Polttoaineenkulutus voidaan määrittää käsinlaskentamenetelmän yhteydessä esitetyistä taulukoista tai seuraavilla sivuilla olevien kaavojen avulla. Vuotuiset ajoneuvokustannukset lasketaan tuntiliikenneluokkien keskimääräisistä kustannuksista painottamalla niitä liikennesuoriteosuuksilla.

6. Taloudelliset tunnusluvut

Taloudelliset tunnusluvut voidaan laskea vastaavasti kuin käsinlaskentamenetelmässä. Aikakustannusten on kuitenkin syytä olla määriteltynä vastaavalla tarkkuudella kuin ajoneuvokustannukset.



Kuva 1. Esimerkkejä liikenteen automaattisten mittauspisteiden tuntijärjestyskäyristä.

Kustannusmallit kevyiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{ha}/2 &= 16,5 \\ A_{pa}/2 &= 44,5 \\ A_{kev}/2 &= 19,0 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{ha}/2 &= 16,5 \\ A_{pa}/2 &= 44,5 \\ A_{kev}/2 &= 19,0 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} B_{ha} &= 38,0 \\ B_{pa} &= 48,0 \\ B_{kev} &= 40,0 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned} V_0 &= 80 \\ P_{0ha} &= 8,0 \\ P_{0pa} &= 10,2 \\ P_{0kev} &= 8,2 \end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutussmallit (l/100 km)

$$p_{ha} = 6,25 - 0,0248 \cdot V + 0,000524 \cdot V^2 + 0,742 \cdot dV - 0,001475 \cdot dV^2 - 0,01686 \cdot dV \cdot V + 0,00008653 \cdot dV \cdot V^2 + 0,0001068 \cdot dV^2 \cdot V - 0,0000007803 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{pa} = 8,45 - 0,0248 \cdot V + 0,000524 \cdot V^2 + 0,742 \cdot dV - 0,001475 \cdot dV^2 - 0,01686 \cdot dV \cdot V + 0,00008653 \cdot dV \cdot V^2 + 0,0001068 \cdot dV^2 \cdot V - 0,0000007803 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{kev} = 6,45 - 0,0248 \cdot V + 0,000524 \cdot V^2 + 0,742 \cdot dV - 0,001475 \cdot dV^2 - 0,01686 \cdot dV \cdot V + 0,00008653 \cdot dV \cdot V^2 + 0,0001068 \cdot dV^2 \cdot V - 0,0000007803 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0 / v \cdot A/2 + p / p_0 \cdot B$$

Kustannusmallit raskaiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 129,25 \\ A_{kaip}/2 &= 127,75 \\ A_{kapp}/2 &= 112,1 \\ A_{katp}/2 &= 116,3 \\ A_{ka}/2 &= 120,25 \\ A_{rask}/2 &= 121,8 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} A_{la}/2 &= 129,25 \\ A_{kaip}/2 &= 127,75 \\ A_{kapp}/2 &= 112,1 \\ A_{katp}/2 &= 116,3 \\ A_{ka}/2 &= 120,25 \\ A_{rask}/2 &= 121,8 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned} B_{la} &= 134,7 \\ B_{kaip} &= 165,4 \\ B_{kapp} &= 179,0 \\ B_{katp} &= 212,4 \\ B_{ka} &= 191,2 \\ B_{rask} &= 181,6 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned} v_0 &= 70 \\ p_{0la} &= 30,5 \\ p_{0kaip} &= 28,7 \\ p_{0kapp} &= 38,9 \\ p_{0katp} &= 47,0 \\ p_{0ka} &= 38,6 \\ p_{0rask} &= 37,1 \end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutusmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned} p_{la} &= 45,02 - 0,7879 \cdot V + 0,006014 \cdot V^2 + 0,8426 \cdot dV - 0,004239 \cdot dV^2 - 0,004295 \cdot dV \cdot V - 0,00005053 \cdot dV \cdot V^2 + 0,00006743 \cdot dV^2 \cdot V + 0,0000001419 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kaip} &= 43,22 - 0,7879 \cdot V + 0,006014 \cdot V^2 + 0,8426 \cdot dV - 0,004239 \cdot dV^2 - 0,004295 \cdot dV \cdot V - 0,00005053 \cdot dV \cdot V^2 + 0,00006743 \cdot dV^2 \cdot V + 0,0000001419 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{kapp} &= 38,24 - 0,3109 \cdot V + 0,003666 \cdot V^2 + 3,503 \cdot dV + 0,008150 \cdot dV^2 - 0,06156 \cdot dV \cdot V + 0,0002881 \cdot dV \cdot V^2 - 0,00007085 \cdot dV^2 \cdot V + 0,00000001325 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{katp} &= 46,34 - 0,3109 \cdot V + 0,003666 \cdot V^2 + 3,503 \cdot dV + 0,008150 \cdot dV^2 - 0,06156 \cdot dV \cdot V + 0,0002881 \cdot dV \cdot V^2 - 0,00007085 \cdot dV^2 \cdot V + 0,00000001325 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{ka} &= 44,34 - 0,4922 \cdot V + 0,004558 \cdot V^2 + 2,492 \cdot dV + 0,003442 \cdot dV^2 - 0,03980 \cdot dV \cdot V + 0,0001594 \cdot dV \cdot V^2 - 0,00001830 \cdot dV^2 \cdot V + 0,00000006214 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\ p_{rask} &= 44,46 - 0,5424 \cdot V + 0,004806 \cdot V^2 + 2,212 \cdot dV + 0,002136 \cdot dV^2 - 0,03376 \cdot dV \cdot V + 0,0001237 \cdot dV \cdot V^2 - 0,000003729 \cdot dV^2 \cdot V + 0,00000007570 \cdot dV^2 \cdot V^2 \end{aligned}$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0 / v \cdot A/2 + p / p_0 \cdot B$$

ISBN 951-726-781-9
TIEH 2123614-01